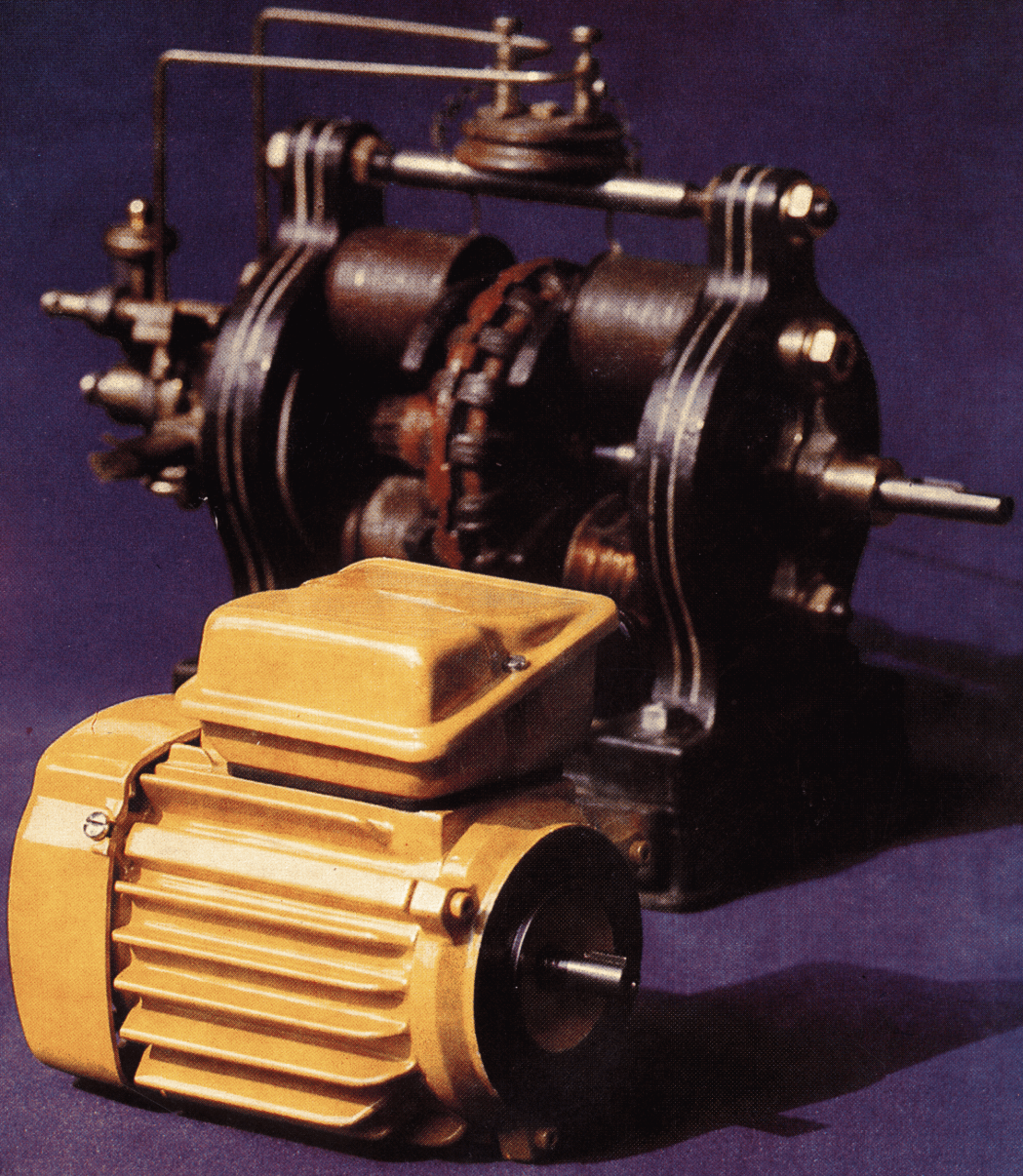
ELEKTRIE 2|88

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · EVP 2,50 Mark · ISSN 0013—5399

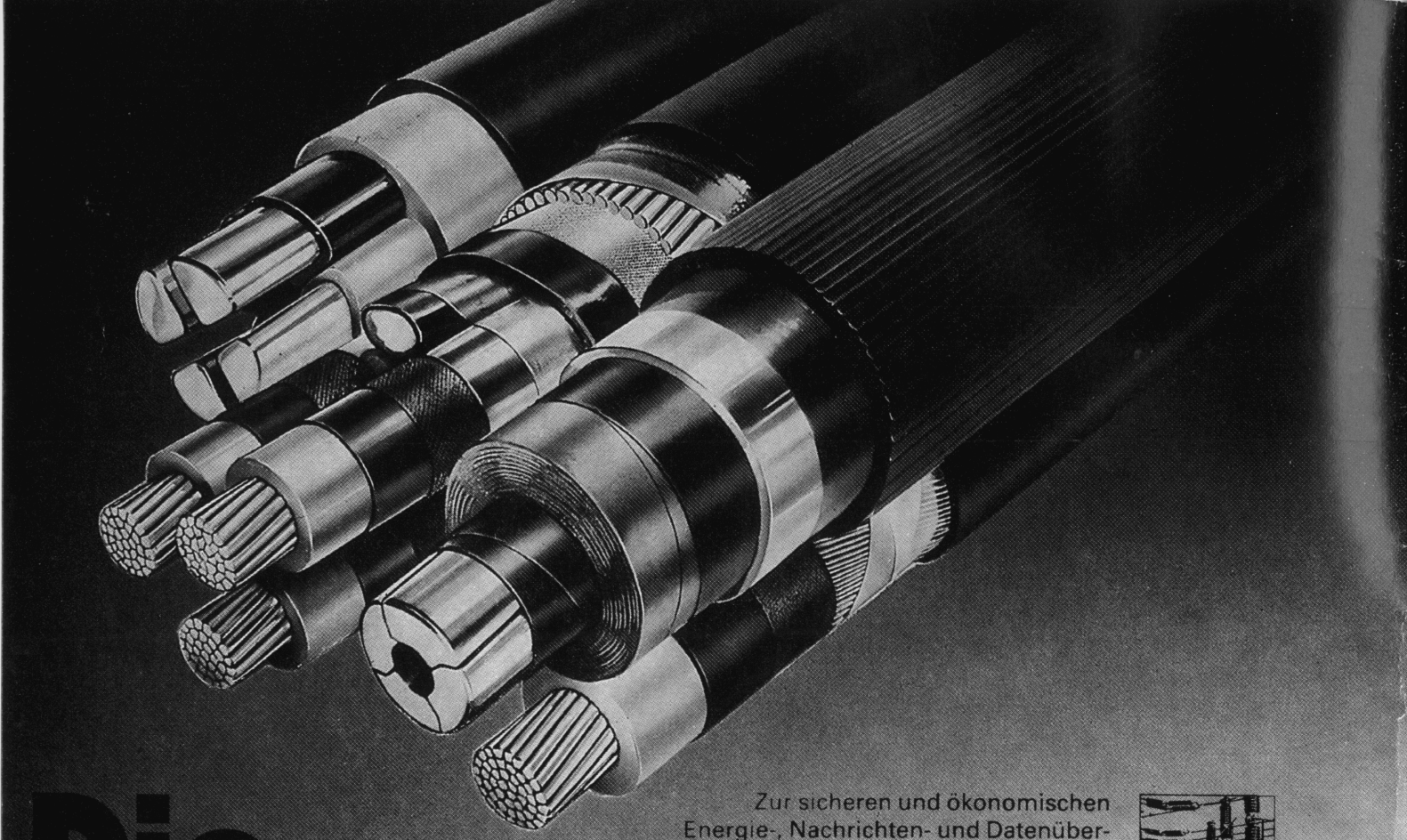
Ein Jahrhundert industrieller Elektromaschinenbau



40 Jahre volkseigener Elektromaschinenbau

VEM®

0120244



Die richtigen Kabel für Sie!

Zur sicheren und ökonomischen Energie-, Nachrichten- und Datenübertragung. Nach internationalen Standards und Ihren speziellen Wünschen.
Vom feinsten Kupferlackdraht über moderne Mittelspannungs-VPE-Kabel bis zu Hochspannungskabeln, vom Schaltdraht bis zum koaxialen Trägerfrequenz- und Lichtwellenleiterkabel, vom Hochfrequenz-Sende- bis zum Empfangskabel mit den dazugehörigen Garnituren produzieren wir komplette Sortimente.
Approbationen liegen vor.

Wir bieten jahrzehntelange Erfahrungen und technisches Know-how, beraten Sie bei der Lösung Ihrer Anwenderprobleme, vergeben Lizenzen.
Wir übernehmen die Projektierung, Lieferung und Chefmontage kompletter Kabelanlagen, die Unterweisung der Anwendermonteure sowie Ausbildung Ihrer Arbeitskräfte für die Montage und die Instandhaltung kabeltechnischer Anlagen.

Wir sind auf allen wichtigen internationalen Messen und Fachausstellungen vertreten. Zu den Leipziger Messen erreichen Sie uns in Halle 18 bzw. 22.

Kombinat
VEB KABELWERK OBERSPREE (KWO)
„Wilhelm Pieck"
Wilhelminenhofstr. 76/77
DDR–Berlin
1160

KWO

Exporteur:

Elektrotechnik
EXPORT-IMPORT
VOLKSEIGENER AUSSENHANDELSBETRIEB
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK
DDR-1026 BERLIN ALEXANDERPLATZ
HAUS DER ELEKTROINDUSTRIE

KWO - weltweit kontaktbereit

2|88 ELEKTRIE

42. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ISSN 0013-5399

Organ des Fachverbands
Elektrotechnik
der Kammer der Technik

Die Zeitschrift erhielt die
Goldene Ehrenplakette der KDT

Redaktionsbeirat

Vorsitzender:

Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:

Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Ober-Ing. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Lappe · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:

Dr.-Ing. K. Hannella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Inhalt

Seite

Aktuelle Information 42

Müller, H.

VEM-Antriebstechnik zur LFM 1988 aus einem Industriezweig mit großer Tradition 43

Fachaufsätze

Müller, V.; Dittrich, A.

Simulation von Regelkreisen der Antriebstechnik mit dem digitalen Simulationssystem DS-88 45

Mahnert, H.

Komponenten des digitalen Anlagenschutzes im Leitsystem für vereinfachte Umspannwerke 110-kV-Mittelspannung 50

Schneider, H.; Dammköhler, P.; Hackenberg, H.

Stromschienen aus AlFeMg-Leitlegierung — eine Alternative für Kupfer 53

Eckardt, G.

Temperatur-, Asymmetrie- und Phasenfolge-Schutzrelais 56

Welschinger, M.; Pliet, H.

Meßeinrichtung zur Fehlerstrombestimmung von Schutzstromwandlern bei Kurzschlußstrombeanspruchung 58

Lemke, E.; Friese, G.

Teilentladungssonde M 4202 — Aufbau, Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten 61

Umschau

Erzeugnisse der Elektroindustrie der DDR auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1988 63

Titelbild

Kleine Gleichstrommaschine (hinten) um 1895 (geblecht) und VEM-Standardmotor der heutigen Generation (s. a. S. 43)

VEB VERLAG TECHNIK
BERLIN

Träger des Ordens
Banner der Arbeit

AKTUELLE INFORMATION

Lichtwellenleitertechnik

KDT-Lehrgang an der Ingenieurhochschule Wismar

Zeit: 11. bis 22. April 1988
Ort: IH Wismar
Veranstalter: Lehrstuhl Nachrichtentechnik an der Sektion Technologie der Elektrotechnik/Elektronik der IH Wismar in Zusammenarbeit mit dem Bezirksvorstand der KDT Schwerin und der Wissenschaftlichen Sektion Nachrichtentechnik der KDT

Der Lehrgang findet nunmehr zum fünften Mal, jedoch in erweiterter, praxisorientierter Form statt. Neben der Behandlung aller wesentlichen Komponenten der LWL-Übertragungstechnik wird die Anwendung in der Nachrichtentechnik und besonders zur Kurzstreckenübertragung in den Vordergrund gestellt. Hierzu finden auch umfangreiche praktische Übungen zu konzeptionellen, technologischen und meßtechnischen Problemen statt.

Anfragen

und Teilnahmemeldungen an
Kammer der Technik, Bezirksvorstand Schwerin, Abteilung Weiterbildung
Schusterstr. 2, Schwerin, 2751
H. Pohlers, Wismar EA 2757

Leistungselektronik

5. Fachtagung

Zeit: 17. und 18. Mai 1988
Ort: Leipzig Information, Sachsenplatz
Veranstalter: Fachunterausschuß Stromrichteranlagen (FUA 1.10); KDT-Bezirksvorstand Leipzig; VEB Elektroprojekt und Anlagenbau Berlin

Das Anliegen der Fachtagung besteht darin, Informationen, neueste Erkenntnisse der Entwicklung, der Produktion und des Betreibens von Erzeugnissen der Leistungselektronik und der zugehörigen Informationselektronik für alle interessierten Fachkader zu vermitteln.

Inhaltliche Schwerpunkte

— Stand und Tendenzen der Entwicklung von Stromrichtern sowie der eingesetzten leistungselektronischen Bauelemente
— Rechnergestützte Lösungen für
  • Entwurf CAD elektrischer Antriebssysteme
  • Auslegung von Stromrichtern und
  • Prüfverfahren
— Mikroelektronik in der Informationselektronik von Stromrichtern
— Einsatz von Stromrichtern für Krane, Werkzeugmaschinen, Schiffshauptantriebe, Fernmeldeeinrichtungen
— Stromrichter für drehzahlgestellte Drehstromantriebe
— Drehstrom-Antriebssysteme für die Traktion
— EMV in der Automatisierungselektronik

Anfragen

KDT-Bezirksvorstand Leipzig, Bereich Wissenschaft und Technik, Goethestr. 2, Leipzig, 7010
J. Eisenhuth, Berlin EA 2639

Lokale Netze — Stand und Entwicklungen

2. Fachtagung

Zeit: 19. Mai 1988
Ort: Deutsches Hygiene-Museum in Dresden
Veranstalter: Fachausschuß 7 „Rechnersysteme und -anwendungen" in der WGMA/KDT und Universitätsorganisation der KDT der TU Dresden, Betriebssektion Informatik-Zentrum

Inhaltliche Schwerpunkte

— Internationaler und nationaler Entwicklungsstand
— Lokale Netze im Hochschulwesen der DDR
— Lokales Netz des VEB Kombinat Robotron

Anfragen

schriftlich an Bezirksvorstand Dresden der KDT, Basteistraße 5, Dresden, 8020
P. Kuntsche, Dresden EA 2751

Elektrostatisches Beschichten

X. Vortrags-, Informations- und Arbeitstagung

Zeit: 27. bis 30. Juni 1988
Ort: Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List" Dresden
Veranstalter: Sektion Technische Verkehrskybernetik der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List" Dresden und die KDT-Hochschulorganisation

Inhaltliche Schwerpunkte

— Elektrostatische Beschichtung mit Lakken, Plastpulver und Email
— Automatisierung der elektrostatischen Beschichtungsprozesse
— Anlagen und spezielle Anlagentechnologien
— Elektrostatisches Beflocken
— Eigenschaften und Prüfung der Beschichtungsstoffe und Beschichtungen
— Erfahrungsaustausch
  • der Betreiber elektrostatischer Lakkieranlagen
  • der Betreiber elektrostatischer Plastbeschichtungsanlagen
  • der Betreiber und Interessenten elektrostatischer Beflockungsanlagen

Anfragen

und verbindliche Anmeldungen an: Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List", Org.-Büro „Elektrostatik", PSF 103, Dresden, 8027
W. Kleber, Dresden EA 2743

Elektromagnetische Verträglichkeit

Fachtagung Elektromagnetische Veträglichkeit in der Automatisierungstechnik

Zeit: 13. September 1988
Ort: Hygiene-Museum Dresden
Veranstalter: BV Dresden der KDT und TU Dresden, Sektion Elektrotechnik, Bereich Automatisierungssysteme

Inhaltliche Schwerpunkte

— EMV-Grundlagen
— EMV-gerechte Entwicklung und Konstruktion von Automatisierungsgeräten
— EMV-Störfestigkeitstestung von Funktionseinheiten und Geräten
— EMV-gerechte Gestaltung von Automatisierungsanlagen
— EMV-gerechte Bauausführung von Erdungsanordnungen
— Maßnahmen gegen Blitz- und Abschaltüberspannungen
— Schutz gegen elektrostatische Entladungen
— Maßnahmen gegen Stromrichternetzrückwirkungen

Anfragen

an
BV Dresden der KDT. Basteistraße 5, Dresden, 8020, oder an TU Dresden, Sektion Elektrotechnik, BAS, Mommsenstraße 13, Dresden 8027
E. Habiger, Dresden EA 2749

Industrielle Automatisierung — Automatisierte Antriebe (IA — AA)

10. Internationale Fachtagung

Zeit: 14. bis 16. Februar 1989
Ort: Karl-Marx-Stadt
Veranstalter: Wissenschaftsbereich Elektrische Antriebstechnik und -mittel der Sektion Automatisierungstechnik der TU Karl-Marx-Stadt

Inhaltliche Schwerpunkte

• Automatisierte Antriebe
— Rechnergestützter Entwurf (CAD) und Simulation von Elementen und Systemen automatisierter Antriebe
— Hochtourige Antriebe kleiner und großer Leistung
— Dynamisch hochwertige Antriebe
— Mehrmotorenantriebe
— Regelung von Antrieben
• Leistungselektronik
— Moderne Bauelemente der Leistungselektronik
— Rechnergestützter Entwurf (CAD) leistungselektronischer Schaltungen
— Meßverfahren der Leistungselektronik
— Schaltungstechnik mit modernen schaltbaren Bauelementen
• Zuverlässigkeit von Elementen und Systemen automatisierter Antriebe
— Rechnergestützte Schutz-, Diagnose, und Prüftechnik
— Zuverlässigkeit einzelner Baugruppen und kompletter elektrischer Antriebe
— Elektronische Schalt- und Schutztechnik

Anfragen

an Prof. Dr. sc. techn. *Budig*, TU Karl-Marx-Stadt, Telefon 561 3323,
oder an TU Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik, Tagungsbüro „10. Internationale Fachtagung"; PSF 964, Karl-Marx-Stadt, 9010
P.-K. Budig, Karl-Marx-Stadt EA 2729

VEM-Antriebstechnik zur LFM 1988 aus einem Industriezweig mit großer Tradition

Von
Harald Müller
VEB Kombinat Elektromaschinenbau, Leiter der Pressestelle des Generaldirektors

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 stellt der VEB Kombinat Elektromaschinenbau ein breites Sortiment moderner elektrischer Maschinen aus. Mit diesem Ausstellungsprofil werden auch traditionsreiche Produktions- und Entwicklungserfahrungen repräsentiert; denn in Dresden werden seit über 100 Jahren Elektromaschinen gefertigt. Dieser Entwicklung ist der folgende Beitrag gewidmet.

1. Technik-Tradition und Geschichte der Produktivkräfte

Es ist kein Zufall, daß wir uns auf unsere wissenschaftlich-technische Tradition besinnen und uns mit dem Erbe auf dem Gebiet des Elektromaschinenbaus auseinandersetzen. „Alles Große und Edle, Humanistische und Revolutionäre wird in der Deutschen Demokratischen Republik in Ehren bewahrt und weitergeführt, indem es zu den Aufgaben der Gegenwart in eine lebendige Beziehung gesetzt wird", heißt es im Programm der SED [1]. Auf dem XI. Parteitag der SED wurde darüber hinaus bekräftigt [2]: „Sozialistische Erbeaneignung leistet einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung allseitig gebildeter Persönlichkeiten und ihrer Lebensweise".

Das ist nicht nur auf die Pflege des kulturellen und allgemeinhistorischen Erbes in Kunst, Kultur und Politik bezogen, sondern ist auch die Beschäftigung mit bedeutsamen wissenschaftshistorischen Erbegütern.

In seinem Vortrag zum 300. Todestag Otto von Guerickes hat der Minister für Hoch- und Fachschulwesen, Prof. Hans-Joachim Böhme, dazu ausführlich Stellung genommen [3]. Unter anderem wurde festgestellt:

— „Die Geschichte von Wissenschaft und Technik muß ... nach ihren Erfahrungen für das Schöpfertum von heute befragt werden. Sie kann nur in enger Verbindung mit der Geschichte der Produktivkräfte verstanden werden".

— (Es ist) „von großem Interesse, das Wissenschaftserbe des 19. Jahrhunderts, aus der Zeit der industriellen Revolution in Deutschland, zu durchforschen, einer Zeit, in der bahnbrechende wissenschaftliche Leistungen ... vollbracht wurden".

— Angestrebt wird „ein langfristiges Programm der historischen Würdigung bedeutender Persönlichkeiten, Ereignisse und Institutionen der Wissenschaftsentwicklung".

— „Große Erwartungen setzen wir in die Impulse, welche die Wissenschafts- und Technikgeschichte der Denkmalpflege gibt, insbesondere bei der Pflege und musealen Nutzung der technischen Denkmale der Geschichte und der Produktivkräfteentwicklung unserer sozialistischen Gesellschaft selbst".

2. Ein gesellschaftliches Anliegen

Alle diese Überlegungen waren entscheidend dafür, 1988 die Tatsache, daß Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts der Bau elektrischer Maschinen von der vornehmlich handwerklichen Einzelfertigung in seine industrielle Phase überzugehen begann, gebührend zu würdigen. Das ist durchaus ein gesamtgesellschaftliches Anliegen, denn elektrische Maschinen haben in diesen 100 Jahren nach und nach alle Bereiche der Produktions- und Konsumtionssphäre durchdrungen. In den letzten Jahrzehnten verbreitete sich ihre Anwendung immer mehr in der privaten Lebenssphäre des Menschen. Ihre Verbreitung als „Kraftverstärker" für den Menschen ist beispiellos. Worin liegt diese großartige Anwendungsvielfalt begründet? Ist es die Umweltfreundlichkeit? Sind es Leistungsstärke, Anpassungsfähigkeit, Geräuscharmut, Energieökonomie, Wartungsarmut, die große Modifizierbarkeit oder die hervorragende „Verträglichkeit" mit der Elektronik? Sicher spielt alles zusammengenommen eine Rolle, denn kein technisches Hilfsmittel hat so viele Vorteile auf einmal. Man muß sich eingehender mit der Geschichte der elektrischen Maschine befassen, will man zu Aufschlüssen darüber kommen, welche zweifellos hervorragende Rolle die elektrische Maschine auch in Zukunft spielen wird und welche Verantwortung sich für die Elektromaschinenproduzenten daraus ableitet.

Die Ereignisse des Jahres 1988 werden Anlaß dafür sein, Traditionen mit einem weitreichenden Blick in die Zukunft zu verbinden. Dabei wird auf vielfältige Weise unter Beweis zu stellen sein, daß wir aus diesen revolutionären Traditionen heraus in der Lage waren und sind, hohe wissenschaftlich-technische Leistungen zu vollbringen. Insbesondere für die Jugend des Kombinates werden sich daraus kräftige Impulse für die Zukunft ergeben. Es wird zu zeigen sein, welche gesellschaftlichen Wirkungen von der elektrischen Maschine und ihren Produzenten vor siebzig, achtzig und einhundert Jahren ausgingen, wie sich diese Wirkungen in ihrer gesellschaftlichen Relevanz potenzierten, als es unter sozialistischen Produktionsverhältnissen erstmals möglich wurde, Entwicklung und Produktion elektrischer Maschinen im Maßstab eines ganzen Landes zu organisieren.

3. Vier wichtige Jahrzehnte eines Jahrhunderts

Es ist nicht schwer nachzuweisen, daß die vierzig Jahre volkseigener Elektromaschinenbau rechnerisch wohl weniger sind, aber gesellschaftlich schwerer wiegen als die 60 Jahre industriellen Elektromaschinenbaus vorher.

Überblickt man dieses Jahrhundert von allen Seiten – seinen revolutionären, seinen wissenschaftlich-technischen und seinen gesamtgesellschaftlichen Aspekten – kann man sich selbst und öffentlich bewußt machen, was von der elektrischen Maschine für den einzelnen und für die Gesellschaft seit nunmehr einem Jahrhundert abhängt, gegenwärtig ausgeht und zukünftig noch stärker abhängen wird. Dabei geht es nicht um das Jahr der „Erfindung" des Elektromotors, auch nicht um die fast 170 Jahre zurückreichende Vorgeschichte, sondern vor allem um den Zeitpunkt, als die Herstellung elektrischer Maschinen Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts von der handwerklichen Einzelfertigung (vornehmlich für Beleuchtungszwecke) in eine industrielle Massenproduktion als Antriebsmittel überzugehen begann und damit gesellschaftliche Wirkungen erzielte.

4. Meilensteine auf dem Weg zur industriellen Fertigung

Ein Blick zurück macht Stationen des Weges deutlich, die Meilensteine in der Entwicklung des Elektromaschinenbaus darstellen (Bilder 1 und 2, s. 3. US).

Nach mannigfaltigen erfolgreichen Versuchen, mit Hilfe des Elektromagnetismus eine Drehbewegung zu erzeugen, was zu interessanten Spielzeugen führte, unternahm 1834 der in Potsdam geborene und später im Dienst des russischen Zaren zu großen Ehren gelangte M. H. Jacobi den Versuch, eine wirkliche Leistung daraus abzuleiten.

Seinen ersten brauchbaren Motor verbesserte er so, daß es ihm 1838 gelang, ein mit 14 Personen besetztes Boot mit einer Motorleistung von 1 PS mit einer Geschwindigkeit von 4 km/h auf der Newa in St. Petersburg antreiben zu lassen (Bild 3, s. 3. US). Damit war zwar der Beweis der Eignung des Elektromotors als Antriebsmaschine erbracht, aber an einen tatsächlichen Einsatz konnte man noch nicht denken. Die galvanoelektrische Energiequelle war unökonomisch. Bis zur alles verändernden Dynamomaschine blieben noch fast 30 Jahre, in denen weiterhin so manches Spielzeug konstruiert, aber auch z. B. Stöhrers Motor zum Antrieb einer Drehbank (1841) gebaut wurde. Doppel-T-Anker (Siemens 1856) und die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips (1866) eröffneten neue Perspektiven (Bild 4, s. 3. US). Zwanzig Jahre später war eine dauerhafte wirtschaftliche Stromversorgung gesichert, der Siegeszug der Gleichstrommaschine konnte beginnen. Um 1900 wurde bereits eine Leistung von 3000 kW erreicht. Das Jahr 1887 wird durch die Erfindung des Drehstrom-Induktionsmotors zum Geburtsjahr des heute absolut überwiegend eingesetzten Motorprinzips, das schon 1891 bei der ersten erfolgreichen Energie-

übertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt (Main) mit einem 73-kW-Schleifringläufer-Exemplar seine internationale Bewährungsprobe als universelle Antriebsmaschine bestand. Nicht unwesentlich für diese Universalität, die den Elektromotor so interessant und begehrenswert als Produktionsmittel machte, war die Erfindung des Drehstrom-Kommutator-Motors 1891 durch Görges. Von da an war es nur noch ein kleiner Schritt über die Jahrhundertwende zum Antrieb von Werkzeugmaschinen, Hebezeugen und Aufzügen, denn dem Einsatz eines drehzahlvariablen Antriebs am Drehstromnetz stand nun nichts mehr im Wege.

5. Eines der Zentren: Dresden

Fest steht, daß die Dresdener „Vorfahren" des heutigen DDR-Elektromaschinenbaus zu dieser Zeit bereits große Erfolge erzielten.
Schon um die Jahrhundertwende näherten sich die Maschinen der heute noch gewohnten Form, wie an dem mit Grammeschem Ringanker ausgerüsteten Gleichstromnebenschlußgenerator aus dem Jahre 1891 — der ältesten noch auffindbaren, bereits seit 1888 gebauten Maschine der Dresdener Firma Kummer und Co. — erkennbar ist (Bild 5, s. 3. US). Als der „mittelständische" Unternehmer Kummer nach mancherlei Auf und Ab um 1900 vor den Banken und der Großindustrie kapitulierte, zählte die Belegschaft seines Niedersedlitzer Werkes über 1000 Mann, lieferte er Elektromaschinen in großen Stückzahlen an die begierig darauf wartende Industrie. Den Beginn des Siegeszuges der Elektromaschine als universelles Produktionsmittel hatte er gerade noch miterlebt, bevor ihn die Allmacht der Großbanken in die Knie zwang.

6. Elektromaschine revolutioniert die Fertigung

Mit der Installation leistungsfähiger Stromversorgungsnetze kam in Europa eine regelrechte Revolution der Antriebstechnik in Gang. Der schwerfällige Dampfantrieb war endgültig verdrängt. Walzwerke, Förderanlagen, die Papier-, Textil- und Werkzeugmaschinenindustrie, der Schiffbau und das Nahverkehrswesen gehörten zu den ersten Bereichen, die sich der Elektroantrieb eroberte. Nach und nach verschwanden die riesigen „Wälder" von Transmissionsriemen aus den ohnehin nicht gerade freundlichen Fabrikhallen. Der Einzelantrieb war der Vorteil der Elektromaschine im Verein mit ihrer guten Drehzahlsteuerbarkeit. Eine sprunghafte Steigerung der Arbeitsproduktivität ließen Gewinn und Dividende in die Höhe schnellen. Aber die Einführung der elektrischen Maschine in die allgemeine Produktionssphäre hatte auch eine wesentliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen zur Folge.
Im mitteldeutschen Raum arbeiteten unterdessen zehntausende in der Elektromotorenfertigung (Bild 6, s. 3. US). Bis auf den Schiffbau waren hier alle Industriezweige zu Hause, die zu den ersten bevorzugten Einsatzgebieten der Elektromaschine gehörten. Vor allem die Textilindustrie, der Bergbau und das Hüttenwesen füllten die Auftragsbücher der Sachsenwerk-Licht- und Kraft-AG in Dresden, wie sich die Nachfolger der Kummer und Co. als Vorgänger des heutigen DDR-Elektromaschinenbaus nannten.
Ende der zwanziger Jahre hielt auch im Elektromaschinenbau — begünstigt und erst ermöglicht durch elektrische Maschinen — die Fließbandarbeit Einzug (Bild 7, s. 3. US). Erneut konnte die Produktivität durch den nun schon unverzichtbaren Einsatz der Elektromaschine im Produktionsprozeß erheblich gesteigert werden. Einhergehend mit umfassender Industrialisierung und Mechanisierung, mit dem Ausbau der Verkehrsnetze und der Dienstleistungen verbreitete sich der Elektromotor in Tempo und Stückzahl wie kein anderes Produktionsmittel vor ihm. In einem einzigen Werk der Elektrotechnik wurden zwischen 1903 und 1913 allein 50000 Maschinen gebaut (Bild 8, s. 3. US). In den 40 Jahren ihrer „Blütezeit" entwickelte sich vergleichsweise die Ausbreitung der Dampfmaschine, die zu Recht als Indikator für das Tempo der Industrialisierung gilt, im hochentwickelten Preußen von 419 Stück (1837) auf 35431 Stück (1878).
Die revolutionierenden Veränderungen, die die Entwicklung der elektrischen Maschine in der Industrie bis zur Jahrhundertmitte bewirkte, lassen bereits erkennen, welche (Haupt-) Rolle ihr im letzten Drittel unseres Jahrhunderts, im Zeitalter umfassender Rationalisierung und Automatisierung zufällt. Denn wenn ihre unbestrittenen Vorzüge gewissermaßen gekrönt werden von Elektronikfreundlichkeit, dann ist sie a priori ein Hauptfaktor für alle Spitzentechnologien. Die eindrucksvolle Kapazitätsentwicklung und die durch die Forderungen der Volkswirtschaft hervorgerufene Leistungssteigerung, die u.a. in einer Verzehnfachung des jährlichen Produktionsausstoßes innerhalb von 30 Jahren zum Ausdruck kommen, dokumentieren für den DDR-Elektromaschinenbau recht eindrucksvoll die führende Beteiligung an der wissenschaftlich-technischen Revolution. Was wären heute moderne Werkzeug-, Textil- und Verarbeitungsmaschinen, was wären Industrieroboter und Rationalisierungsmittel aller Art, was wäre die Revolutionierung der Fertigungsprozesse ohne elektrische Maschinen (Bild 9, s. 4. US)?

7. Die „Handschrift" der DDR-Elektromaschinenbauer

Es gibt hierzulande keinen volkswirtschaftlichen Betrieb, keinen Industriezweig, keinen Betrieb, keine Institution oder Einrichtung und keinen Haushalt, die ohne VEM-Elektromotoren auskämen. Aufsehenerregende volkswirtschaftliche Vorhaben tragen auch die „Handschrift" der Elektromaschinenbauer. Von der Maxhütte in Unterwellenborn, über die Vielzahl neuer Talsperren, Stahl- und Walzwerke, den Bau des Ostseehafens Rostock, den mit erheblicher Kraftanstrengung geschaffenen leistungsfähigen Schiffbau, die Streckenelektrifizierung der Reichsbahn, den Braunkohlentagebau, den Aufbau der Hauptstadt Berlin über das Mikroelektronikprogramm bis zum Wiederaufbau der Semperoper in Dresden — überall, wo Neues entstand, war das auch mit neuen und immer höheren Anforderungen an den Elektromaschinenbau verbunden. Der DDR-Elektromaschinenbau rüstete alle Wirtschaftszweige des Landes mit neuer zuverlässiger Antriebstechnik aus. Seine Zulieferungen waren und sind in vielen Fällen funktionsbestimmendes Element des Endproduktes. Von seiner Liefertreue und vom technischen Niveau seiner Erzeugnisse wurde oft der Gesamteffekt maßgeblich beeinflußt (Bild 10, s. 4. US). Aus unterschiedlichsten Fabriken mit veralteter, verschlissener und zerstörter Technik, die unter heute kaum vorstellbaren Bedingungen im Frühjahr 1945 eine primitive Produktion begannen, entstand ein Kombinat, das heute unter den Großen seiner Branche in der Welt eine geachtete Stellung einnimmt.
1957 betrug die Warenproduktion des Zweiges rund 350 Millionen Mark. 1978 wurde zum ersten Mal in einem Jahr die Milliardengrenze überschritten. Heute realisiert der VEB Kombinat Elektromaschinenbau eine industrielle Warenproduktion von fast 4 Milliarden Mark im Jahr (Bild 11, s. 4. US). Diese Elektromaschinen werden auf der Basis beispielhaft stabiler Handelsbeziehungen auch seit Jahrzehnten in über 40 und über Anlagen und Maschinensysteme sogar in über 100 Länder der Erde geliefert. Welchen Anteil der DDR-Elektromaschinenbau an der Entwicklung der Produktivkräfte unter sozialistischen Produktionsverhältnissen hat, läßt sich in Zahlen schwer ausdrücken.
Die Tatsache, daß VEM-Elektromaschinen — ob im Inland oder im Ausland — in den Nervenzentren der Industrie im Einsatz sind, sich in Walzwerken, in der Chemieschen Industrie, der Energiewirtschaft, der Nahrungsgüterindustrie, im Verkehrswesen und im Maschinenbau bewähren müssen, zwang von Anfang an zu wissenschaftlich-technischer Höchstleistung (Bild 12, s. 4. US). Sehr viel trugen dazu auch die anhaltenden Wechselbeziehungen zwischen dem Industriezweig und anderen Bereichen der Volkswirtschaft bei. Einerseits waren die Forderungen der Industrie eine ständige Herausforderung an die Elektromaschinenbauer, andererseits zwangen neue Antriebslösungen die Partner immer wieder zur Innovation. Mut und Risikobereitschaft, eine beispielhafte Förderung durch den sozialistischen Staat und der Vorteil der großen Serie waren dabei einige der Hauptvoraussetzungen für das heute erreichte Niveau.
Die 40 Jahre Elektromaschinenbau in der DDR sind bereits eine Technik-Tradition, auf die es sich mit dem Blick in das nächste Jahrtausend zu besinnen gilt, das mit Sicherheit der Elektromaschine große Aufgaben bereithält.

Literatur

[1] IX. Parteitag der SED: Programm der SED, Protokoll der Verhandlungen des IX. Parteitages der SED. Berlin: Dietz-Verlag 1976
[2] Honecker, E.: Bericht des ZK der SED an den XI. Parteitag der SED. Berlin: Dietz Verlag 1986
[3] Böhme, H.-J.: Erbeaneignung und Traditionspflege in der Wissenschaft. Das Hochschulwesen, Berlin 34 (1986) 8, S. 187–191

EA 2708

Simulation von Regelkreisen der Antriebstechnik mit dem digitalen Simulationssystem DS-88

V. Müller; A. Dittrich; Dresden

Mitteilung aus der Sektion Elektrotechnik der Technischen Universität Dresden

Für den Entwurf von Regelkreisen und die Untersuchung ihres dynamischen und stationären Verhaltens ist die Simulation dieser Regelkreise auf Analog- oder Digitalrechnern ein weit verbreitetes Hilfsmittel. Durch die gegenwärtig verstärkte Einführung der Rechentechnik und die damit gute Verfügbarkeit von Büro- und Personalcomputern bietet sich die Nutzung dieser Geräte für die digitale Simulation an.
Von den verschiedensten Methoden zur Beschreibung dynamischer Systeme ist der Signalflußplan auf der Grundlage von Ein-/Ausgangsmodellen mit kontinuierlichen Übertragungsgliedern (Laplace-Transformation) oder diskontinuierlichen Übertragungsgliedern (z-Transformation) wegen seiner Übersichtlichkeit und Anschaulichkeit am weitesten verbreitet. Für die Ingenieurarbeit ist ein Simulationssystem wünschenswert, das auf definierten Übertragungsblöcken basiert und die direkte Umsetzung des Signalflußplanes in das Anwenderprogramm des Simulationssystems ermöglicht. Der Blockvorrat von allgemeinen Übertragungsgliedern sollte erweiterbar sein, damit der Anwender noch zusätzliche spezifische Übertragungsglieder einfügen kann.
Für eine effektive Arbeit muß das Simulationssystem an die Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Rechentechnik angepaßt werden. Sie besteht gegenwärtig noch oft aus Geräten auf der Basis von 8-bit-Mikrorechnern, so daß die Rechengeschwindigkeit und der zur Verfügung stehende Speicherbereich für die Auslegung des Simulationssystems zu beachten sind.
Mit dem digitalen Simulationssystem DS-88 wurde an der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden ein Programm entwickelt, das diesen Forderungen gerecht wird.

1. Aufbau und Funktion des DS-88

1.1. Hauptmerkmale

Das digitale Simulationssystem DS-88 ist ein blockorientiertes System zur Bearbeitung von Steuerungs- und Regelungsaufgaben kleineren und mittleren Umfangs. Es ermöglicht die Darstellung kontinuierlicher und diskontinuierlicher Übertragungsglieder sowie die Untersuchung spezieller bei digitalen Regelungen auftretender Effekte (Rundung, Quantisierung) und zeichnet sich durch folgende Hauptmerkmale aus:

- hardwaremäßige Voraussetzungen: PC 1715 (vorzugsweise) oder BC A 5120 (lauffähig unter Betriebssystem SCP), Drucker
- flexible Handhabung durch dialogorientierte, menügeführte Bedienung ohne Editier- und Übersetzungsläufe sowie automatische Ermittlung der Rechenfolge (Sortierprogramm)
- Blockvorrat aus 40 Typen von Übertragungsgliedern (erweiterbar)
- Darstellung kontinuierlicher und diskontinuierlicher Übertragungsglieder, Integration mit der Trapezregel
- Signalflußpläne mit maximal 99 Übertragungsgliedern bearbeitbar
- Parametereingaben in Fließpunkt-Dezimaldarstellung mit maximal sieben Ziffern
- Ergebnisausgabe als Tabellendruck wahlweise in Fließpunkt-Dezimaldarstellung (vier Ziffern) oder Gleitpunkt-Dezimaldarstellung (sechsstellige Mantisse)
- Möglichkeit der Protokollierung von Eingaben und Zwischenmenüs
- interne Zahlenverarbeitung im 4-byte-Gleitpunktformat (24 bit Mantisse)
- Bildschirmgrafik mit gleichzeitiger Darstellung von maximal drei Kurven (nur PC 1715)
- Pseudografikdruck
- Möglichkeit des Auslagerns bzw. Einlesens von Anwenderprogrammen und Simulationsergebnissen auf bzw. von Diskette
- hohe Rechengeschwindigkeit und geringer Speicherplatzbedarf durch Programmierung in Assemblersprache.

Anmerkung:
Ab 1988 steht das DS-88 auch als Turbo-PASCAL-Programm für 16-bit-Rechner (z. B. A 7100, A 7150) mit erweitertem Funktionsumfang einschließlich Bildschirmvollgrafik und Hardcopy zur Verfügung.

1.2. Grundfunktionen

Das DS-88 realisiert folgende Funktionen, die aus dem Grundmenü einzeln aufrufbar sind:

INPUT	Eingabe und Korrektur von Anwenderprogrammen
RUN	Spezifikation des Simulationslaufs
DISPLAY	Grafische Darstellung ausgewählter Kurvenverläufe auf dem Bildschirm oder Drucker
LOAD	Einlesen von Anwenderprogrammen und Simulationsdaten von der Diskette
SAVE	Sichern von Anwendungsprogrammen und Simulationsdaten auf die Diskette
EXIT	Rückkehr in das Betriebssystem.

1.3. Vorbereitung der Simulation

Die Arbeit mit dem DS-88 erfordert die Darstellung des zu untersuchenden Systems durch einen Signalflußplan unter Verwendung von Elementen des DS-88-Blockvorrats. Er enthält kontinuierliche Übertragungsglieder, diskontinuierliche Übertragungsglieder, Nichtlinearitäten, Quellglieder, Auswerteglieder und arithmetische Glieder [1].
Zur digitalen Nachbildung der analogen Integration wird die Trapezregel als einfaches Integrationsverfahren mit fester Schrittweite verwendet. Das bietet folgende Vorteile:

- geringer arithmetischer Aufwand
- problemlose Einbeziehung diskontinuierlicher Übertragungsglieder in ein festes Zeitraster.

Die Vorgabe der Integrationsschrittweite erfolgt indirekt über die Bezugsabtastzeit T, auf die alle Zeitkonstanten der kontinuierlichen Übertragungsglieder zu beziehen sind. In hybriden Systemen (z. B. diskreter Regler und kontinuierliche Regelstrecke) wählt man die Bezugsabtastzeit T im allgemeinen gleich der Abtastzeit T_0 des digitalen Reglers. Bei einer Kaskadenregelung ist das die Abtastzeit der innersten (schnellsten) Regelschleife. Synchron arbeitende überlagerte Regelkreise, die mit einem ganzzahligen Vielfachen der Abtastzeit der innersten Schleife arbeiten, lassen sich über einen Parameter k, der sich allen diskreten Übertragungsgliedern zuordnen läßt, darstellen. Kontinuierliche Glieder werden automatisch mit einem Zehntel der Bezugsabtastzeit T abgearbeitet (quasikontinuierlicher Takt T_A).
Damit lassen sich auch Zeitverläufe der Ausgangsgrößen der kontinuierlichen Glieder zwischen den Abtastzeitpunkten erfassen.
In rein kontinuierlichen Regelkreisen ist die Integrationsschrittweite über die Bezugsabtastzeit T entsprechend der gewünschten Genauigkeit frei wählbar. Die Integrationsschrittweite sollte dabei höchstens ein Zehntel der kleinsten Zeitkonstante des Regelsystems betragen.
Auch in digitalen Regelkreisen läßt sich die Auflösung erhöhen, indem die Bezugsabtastzeit T auf einen Bruchteil der Abtastzeit der Regelung verkleinert wird.

1.4. Programmeingabe und Ablauf der Simulation

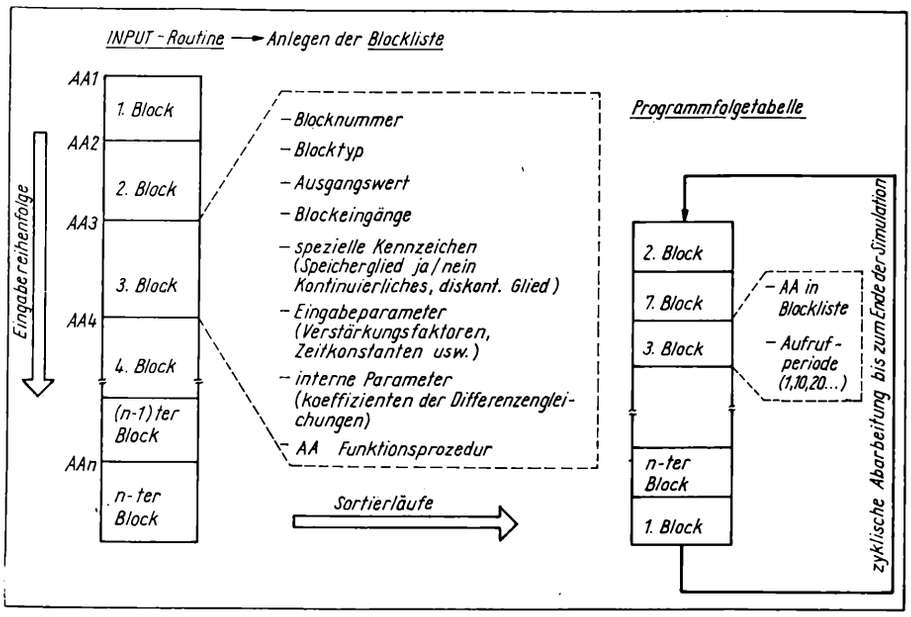
Wesentliche Bestandteile des DS-88 sind ein dialogorientiertes, menügeführtes Eingabeprogramm und ein anschließendes Sortierprogramm zur automatischen Ermittlung der Rechenreihenfolge. Die Eingabe des Anwenderprogramms erfolgt über die INPUT-Routine. Sie hat zwei Eintrittspunkte:

— Neustart	Eingabe eines neuen Anwenderprogramms
— Wiederstart	Parameter- und Strukturänderung in bereits vorhandenen Anwenderprogrammen.

Im DS-88 ist jeder Übertragungsblock durch

- Blocknummer
- Blocktyp

Dr.-Ing. *Volkmar Müller* ist wissenschaftlicher Assistent, Dipl.-Ing. *Andreas Dittrich* ist Forschungsstudent am Wissenschaftsbereich Automatisierungstechnik der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden.



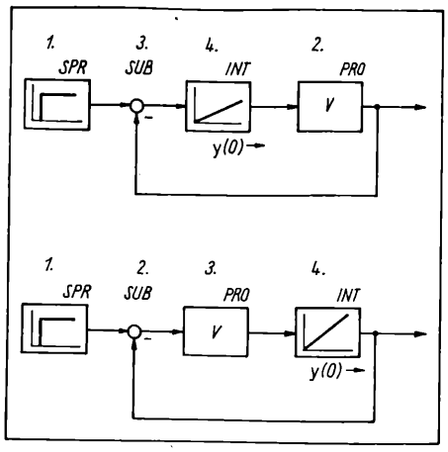


Bild 2. Rechnerreihenfolge in Abhängigkeit von der Anordnung speicher- und nichtspeicherbehafteter Glieder im Regelkreis (SPR Sprungglied, SUB Subtrahierglied, PRO Proportionalglied, INT Integrierglied)

Bild 1. Ermittlung der Rechenreihenfolge durch das Sortierprogramm (AA Anfangsadresse)

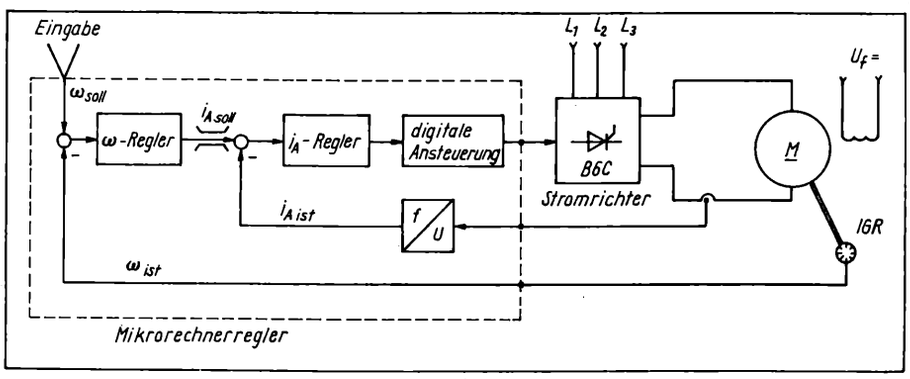


Bild 3. Digitale Drehzahl- und Ankerstromregelung eines konstant erregten Gleichstrommotors (ω Drehzahl, i_A Ankerstrom)

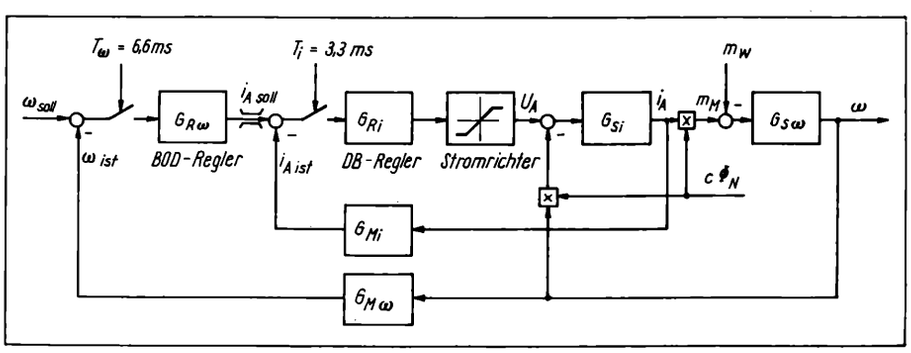


Bild 4. Signalflußplan ohne Normierung

— Eingangsbelegung (Blocknummer der Vorgängerblöcke) außer Quellglieder
— Parameter (außer arithmetische Glieder)
— Anfangswerte bei Speichergliedern

gekennzeichnet. Diese Kennwerte werden in der vorgegebenen Reihenfolge durch die INPUT-Routine abgefragt. Es lassen sich an jeder Stelle des Anwenderprogramms wieder Blöcke streichen, neue hinzufügen oder Parameter ändern. Durch die INPUT-Routine wird eine Blockliste angelegt, die für jeden eingegebenen Übertragungsblock in einem reservierten Speicherbereich die externen und internen Parameter enthält. Es schließt sich die Sortierung der Blöcke an. Dabei werden folgende Fehler vom Programm erkannt:

— unbelegte Eingänge
— Rückkopplung auf eigenen Eingang
— arithmetische Schleifen.

Es entsteht die Programmfolgetabelle, die während des Simulationslaufs zyklisch abgearbeitet wird, bis das vorgegebene Ende der Simulation erreicht ist (Bild 1).

Bild 2 zeigt die Rechenreihenfolge in Abhängigkeit von der Anordnung speicher- und nichtspeicherbehafteter Glieder im Regelkreis an zwei einfachen Beispielen. Dabei ist bei einer Anordnung nach Bild 2a) das Ausgangssignal des Proportionalgliedes PRO gegenüber dem Eingangssignal um einen quasikontinuierlichen Takt T_A verzögert, da durch die Simulation prinzipiell im Regelkreis eine zusätzliche Totzeit von T_A entsteht. Bei Anwendung eines Signalflußplanes nach Bild 2b) ist diese Totzeit nicht direkt erkennbar, da hier das PRO-Glied vor dem Integrierglied INT durchgerechnet wird.

Vor Beginn des eigentlichen Simulationslaufs werden in einem Anlaufprogramm die Anfangswerte (Vergangenheitswerte) der Übertragungsglieder berechnet und die internen Koeffizienten aus den Eingabewerten ermittelt.

In einem vorbereitenden RUN-Menü kann der Anwender eine Spezifikation des Simulationslaufs vornehmen:

— Länge des Simulationslaufs
— Ergebnisdarstellung (Fließpunkt-/Gleitpunktzahlendarstellung)
— anzuzeigende Blockausgänge (maximal 10)
— eventuell Zwischenhalt im Simulationslauf
— Eingabe einer Kopfzeile für den Ergebnisausdruck
— Basistakt für den Ergebnisausdruck
— Neustart (mit Anlaufrechnung)/Wiederstart (ohne Anlaufrechnung, Weiterrechnung mit alten Werten).

Nach dem Start erfolgt der Tabellenausdruck der Simulationsdaten in der vorgegebenen Form auf dem Bildschirm und ggf. parallel da-

zu auf dem Drucker. Dabei ist es möglich, Ergebnisse bereits gespeicherter Wertefolgen vergangener Simulationsläufe durch den neuen Lauf nicht zu überschreiben und dadurch Vergleiche von Ergebnissen verschiedener Simulationsläufe vorzunehmen.
Die DISPLAY-Routine ermöglicht die grafische Auswertung der Simulationsdaten auf dem Bildschirm (nur PC 1715) oder dem Drucker. Über die Bildschirmgrafik sind maximal 3 Kurven gleichzeitig darstellbar, wobei sie wahlweise gemeinsamen oder getrennten Abszissenachsen zugeordnet werden können. Ein Verschieben des Bildes bezüglich der Zeitachse ist taktweise (Laufbild) und seitenweise möglich. Ein verschieblicher Grafikkursor zeigt entsprechend seiner Position die absoluten Amplitudenwerte der Kurven an.
Durch das Druckprogramm sind maximal 4 Kurven auf 2 getrennten Abszissenachsen mit ASCII-Zeichen darstellbar. Die Abszissenachsen und das Druckformat sind frei einstellbar.

2. Beispiele für die Anwendung des DS-88

Auf Grund seiner universellen Struktur und des umfangreichen Blockvorrats läßt sich das DS-88 grundsätzlich in allen Bereichen der Steuerungs- und Regelungstechnik einsetzen, die zur Beschreibung ihrer Problemstellungen Signalflußpläne benutzen.
Im folgenden wird eine Auswahl von Anwendungsbeispielen für die Steuerung und Regelung von elektrischen Antrieben gegeben. Dabei wird beim ersten Beispiel die Vorgehensweise bei der Arbeit mit dem DS-88 nochmals ausführlicher erläutert.

2.1. Digitale Regelung eines Gleichstromantriebs

Untersucht werden sollen die digitale Drehzahl- und Ankerstromregelung eines konstant erregten Gleichstrommotors nach Bild 3. Die Regelungsaufgaben und die digitalen Ansteuerung des 6-Puls-Umkehrstromrichters werden von einem Mikrorechner übernommen. Die Ankerstrommessung erfolgt über einen Spannungs-Frequenz-Wandler mit kurzer Meßzeit und die Drehzahlmessung über einen inkrementalen Geber IGR. Bild 4 zeigt den nicht normierten Signalflußplan. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf einen Gleichstrommotor mittlerer Leistung mit den Nenndaten:

Nenndrehzahl	$n_N = 1500\ \text{min}^{-1}$
Nennleistung	$P_N = 22\ \text{kW}$
Ankernennstrom	$I_{AN} = 57{,}4\ \text{A}$
Gesamtträgheitsmoment	$J_g = 0{,}5\ \text{kgm}^2$
Ankerwiderstand	$R_{Ag} = 1{,}5\ \Omega$ (mit Drossel)
Ankerinduktivität	$L_{Ag} = 55\ \text{mH}$ (mit Drossel)
Nennfluß	$c\,\Phi_N = 2{,}44\ \text{Vs}$.

Das Gleichungssystem des konstant erregten Gleichstrommotors wird so normiert, daß die Zustandsgrößen gut auswertbare und anschauliche Dimensionen erhalten und keine Maßeinheiten mehr auftreten. Für die Untersuchung der Drehzahlregelung ist es günstig, die Drehzahl auf 1 Umdrehung je Minute und den Erregerfluß auf seinen Nennwert $c\,\Phi_N = P_N/(2\pi\, n_N\, I_{AN})$ zu beziehen. Die Zeitkonstanten des Motors berechnen sich mit den Motordaten zu

Ankerzeitkonstante $T_A = L_{Ag}/R_{Ag} = 36{,}7\ \text{ms}$,
mechan. Zeitkonstante $T_M = J_g R_{Ag}\,(2\pi\, n_N\, I_{AN}/P_N)^2 = 125{,}8\ \text{ms}$.

Bei Berücksichtigung eines drehzahlproportionalen Anteils des Widerstandsmoments der Last (Proportionalitätsfaktor $k = 0{,}125$) läßt sich der mechanische Teil der Drehzahlregelstrecke durch ein Verzögerungsglied 1. Ordnung mit

$$V_s = \frac{1}{K} = 8 \quad \text{und} \quad T_s = \frac{T_M}{K} = 1{,}0064\ \text{s}$$

beschreiben.
Die Ankerstromregelung arbeitet wegen der Pulszahl des Stromrichters mit einer Abtastzeit $T_i = 20\ \text{ms}: 6 = 3{,}3\ \text{ms}$ und die Drehzahlregelung läuft synchron dazu mit einer Abtastzeit von $T_\omega = 6{,}6\ \text{ms}$.
Der Stromrichter wird vereinfacht durch ein Begrenzungsglied dargestellt. Das Übertragungsverhalten des Drehzahlmeßgliedes $G_{M\omega}$ läßt sich durch ein integrierendes Meßglied und das des Strommeßgliedes durch ein Totzeitglied darstellen. Im Ankerstromkreis arbeitet ein Regler mit minimaler endlicher Einstellzeit (Deadbeat-Regler, DB-Regler) mit der Reglerübertragungsfunktion

$$G_{Ri} = V_R \frac{1 + b_1 z^{-1}}{1 + a_2 z^{-2}} \tag{1}$$

$$V_R = \frac{1}{1 - e^{-T_i/T_A}} = 11{,}62\,, \quad b_1 = -e^{-T_i/T_A} = 0{,}91\,, \quad a_2 = -1\,. \tag{2}$$

Der Drehzahlregler ist nach dem digitalen Betragsoptimum entworfen (BOD-Regler):

$$G_{R\omega} = V_R \frac{1 + b_1 z^{-1}}{1 + a_1 z^{-1}} \tag{3}$$

$$V_R = \frac{T_S}{4\, V_S\, T_\omega} = 4{,}77\,, \quad b_1 = -e^{-T_\omega/T_S} = -0{,}99\,, \quad a_1 = -1\,. \tag{4}$$

Die Ableitung der Reglerstruktur ist in [2] ausführlich dargestellt.
Bild 5 zeigt den normierten Signalflußplan mit den Elementen des DS-88-Blockvorrats und den notwendigen Parametereingaben. Als Bezugsabtastzeit wird die Abtastzeit T_i der digitalen Stromregelung gewählt. Darauf sind die Zeitkonstanten T_A, T_s der analogen Übertragungsglieder zu beziehen. Die kontinuierlichen Übertragungsglieder werden somit mit einer Integrationsschrittweite von 0,33 ms durchgerechnet. Die unterschiedlichen Abtastzeiten der Regelkreise sind bei den diskontinuierlichen Gliedern im Parameter k enthalten. Die Reglerblöcke REG enthalten eine interne Verrechnung der Stellgrößenbegrenzung, so daß die maximal realisierbare Stellgröße vorzugeben ist. Als Quellglieder für die Führungsgröße und die Störgröße sind hier Sprungglieder SPR vorgesehen (M Sprungverzögerung in Takten T, V Sprunghöhe). Die Struktur und die Parameter des Signalflußplanes lassen sich im DS-88 jederzeit leicht ändern, so daß beispielsweise folgende Untersuchungen durchgeführt werden können:

1. Stromregelkreis
— Klein- und Großsignalverhalten bei sprungförmigen Führungsgrößenänderungen
— Einfluß der Stellgliedbegrenzung (Reglerblock REG wird durch den Filterblock FIL ersetzt)
— Einfluß der Motorgegenspannung (Block 10 als Störgrößenaufschaltung)
— Nachbildung der analogen Integration durch die Trapezregel
— Einfluß der Integrationsschrittweite durch Wahl unterschiedlicher Bezugsabtastzeiten.

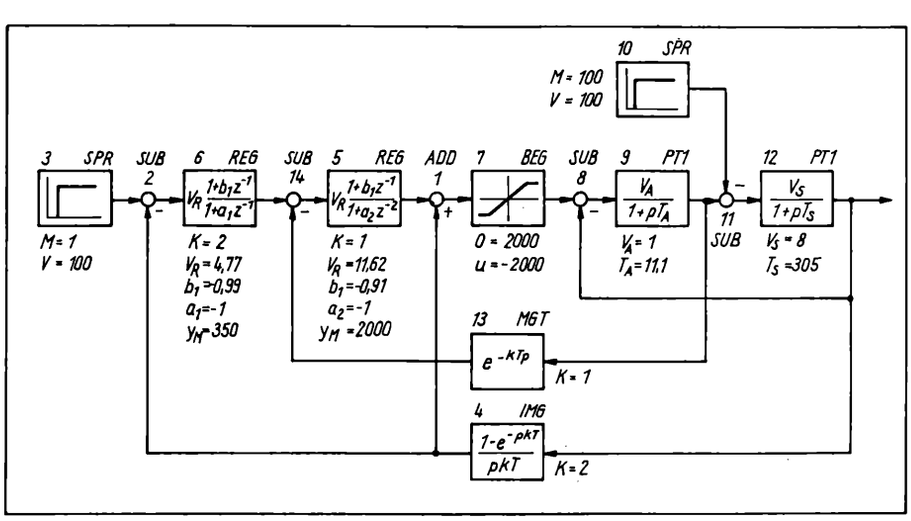


Bild 5. DS-88-Blockschaltbild

2. Drehzahlregelkreis

— Vergleich von Reglern auf endliche Einstellzeit mit betragsoptimal eingestellten Reglern durch Programmierung weiterer Reglertypen
— Führungs- und Störverhalten bei sprungförmigen Eingangsgrößen
— Einfluß der Quantisierung der Meßglieder und der Stellgröße
— Frequenzganganalyse (Einfügen von Schwingungsgliedern PTS nach den Quellgliedern).

Das Bild 6 zeigt als Beispiel die Bildschirmgrafik eines Übergangsvorgangs nach einer sprungförmigen Führungsgrößenänderung.

2.2. Feldorientierte Steuerung der Asynchronmaschine

Untersucht wird die feldorientierte Steuerung einer Asynchronmaschine mit Stromeinprägung durch den Wechselrichter nach [3]. Bild 7 zeigt den DS-88-Signalflußplan der Momentsteuerung über ein Entkopplungsnetzwerk im an der Läuferflußverkettung orientierten Koordinatensystem (d-q-System). Die Asynchronmaschine ist im Ständerkoordinatensystem programmiert (α-β-System). Die Vektordreher VDA und VDB realisieren die Umwandlung des im feldorientierten Koordinatensystem durch das Entkopplungsnetzwerk vorgegebenen Ständerstroms in den realen Ständerstrom der Asynchronmaschine im Ständerkoordinatensystem mit der Übertragungsfunktion

VDA: $y_\alpha = x_d \cos \vartheta - x_q \sin \vartheta$,

VDB: $y_\beta = x_d \sin \vartheta - x_q \cos \vartheta$.

Die „Zweiteilung" des Vektordrehers ist durch den Aufbau des DS-88 bedingt, das nur Übertragungsblöcke mit einem Ausgangssignal zuläßt. Zur Verringerung von Rundungsfehlern bei der Integration wurde zur Bildung des Winkels ϑ ein Integrierglied mit doppelter numerischer Genauigkeit IND (Block 13) eingesetzt.

Durch die vollständige Kompensation der Asynchronmaschine über das Entkopplungsnetzwerk im Sinne einer reinen Vorwärtssteuerung muß die Ausgangsgröße von Block 17 (m_{ist}) dem Sollwert von Block 23 (m_{soll}) unverzögert folgen, wie auch aus den Simulationsergebnissen im Bild 8 zu sehen ist. Die Integrationsschrittweite (entspricht quasikontinuierlichem Takt T_A) beträgt 0,1 ms.

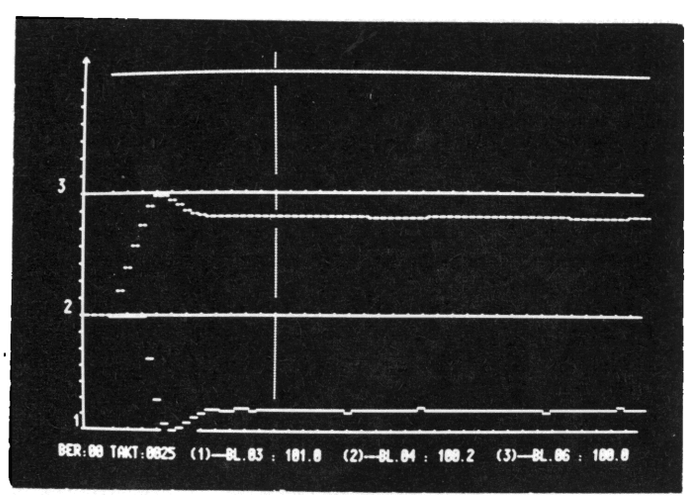


Bild 6. Bildschirmgrafik: Führungsverhalten bei sprungförmiger Drehzahlsollwertänderung (oben: Sollwert Block 3, Mitte: Drehzahlistwert Block 4, unten: Stellgröße Block 6) (Reglerverstärkung nicht angepaßt)

2.3. Adaptive Drehzahlregelung eines Gleichstromantriebs

Bild 9 zeigt ein adaptives System zur Drehzahlregelung eines Gleichstromantriebs, wobei die Identifikationseinrichtung auf der Grundlage der Stabilitätstheorie entworfen ist [4] [5]. Die Anordnung ist zur automatischen Verstärkungsanpassung eines digitalen Reglers (Block 3) an den unbekannten oder veränderlichen Verstärkungsfaktor der Regelstrecke (Block 8) geeignet. Dazu wird über das Gleichungsfehlermodell (Blöcke 12 bis 18) ein Fehlersignal e gebildet, das als treibende Größe für den Parameternachstellalgorithmus (Blöcke 19 bis 26) dient. Er ergibt sich aus den Gleichungen

$$\hat{b}(K) = \hat{b}(K-1) = \frac{e(K) \cdot \frac{1}{2}\left[U_F(K-2) + U_F(K-3)\right]}{q + \left[\frac{1}{2} U_F(K-2) + U_F(K-3)\right]^2} \qquad (5)$$

mit

$$e(K) = \frac{1}{2}\hat{b}(K-1)\left[U_F(K-2) + U_F(K-3)\right] - \left[Y_F(K) - b_1 Y_F(K-1)\right]. \qquad (6)$$

Die Filtergrößen U_F und Y_F werden über Hochpässe (Blöcke 12, 14) zur Eliminierung des Gleichanteils aus den Meßwerten u (Stellgröße) und y (Regelgröße, entspricht der Drehzahl) gewonnen. Aus der identifizierten Streckenverstärkung berechnet sich über die Blöcke 28, 29 nach einer wählbaren Einstellvorschrift (endliche Einstellzeit, Betragsoptimum) der Verstärkungsfaktor des Reglers.

Es liegt das Prinzip der gesteuerten Adaption mit geregelter Identifikation vor. Folgende Probleme bieten sich beispielsweise für Simulationsuntersuchungen an:

— Verhalten des Regelkreises bei der Anfangseinstellung und bei Parameteränderungen der Regelstrecke
— Einfluß von deterministischen und stochastischen Störungen auf die Regelgüte und die Parameteridentifikation
— Einfluß der Amplitudenquantisierung der Stellgröße und der Regelgröße auf die Signalverläufe.

Literatur

[1] *Müller, V.; Dittrich, A.; Henze, U.:* Digitales Simulationssystem DS-88. messen steuern regeln, Berlin 30 (1987) 5, S. 223–224

[2] *Müller, V.; Dittrich, A.:* Digitale Drehzahlregelung von stromrichtergespeisten Gleichstromantrieben. messen steuern regeln, Berlin 30 (1987) 1, S. 10–14

[3] *Schönfeld, R.:* Digitale Regelung elektrischer Antriebe. Berlin: Verlag Technik 1987

[4] *Unbehauen, H.:* Regelungstechnik. Bd. 3. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1987

[5] *Schmid, Ch.:* Ein Beitrag zur Realisierung adaptiver Regelungssysteme mit dem Prozeßrechner. Diss. Ruhr-Universität Bochum 1979

EA 5898

```
                    DS-88  Druckprogramm
SPRUNGFOERMIGE MOMENTENVORGABE BEI DER ASM MIT STAENDERSTROMEINPRAEGUNG
                Block  x-Achse (1/2)  Text
Kurve 1 (+++):   17        1     ;MOTORMOMENTISTWERT
Kurve 2 (ooo):   19        1     ;DREHZAHL
Kurve 3 ($$$):   04        2     ;STAENDERSTROM ALPHA
Kurve 4 (xxx):   14        2     ;STAENDERSTROM BETA
     Gemeinsame Normierung (J/N): N
Kurve 1   Maximum:  101.6   Minimum:   .0000
Kurve 2   Maximum:  6.058   Minimum:   .0000
Kurve 3   Maximum:  140.0   Minimum: -111.7
Kurve 4   Maximum:  140.1   Minimum:   .0000
   X1                                                        X2
===|=========|=========|=========|=========|=========|=========|=========|===
===|=========|=========|=========|=========|=========|=========|=========|=====
)040*                                                        x
```

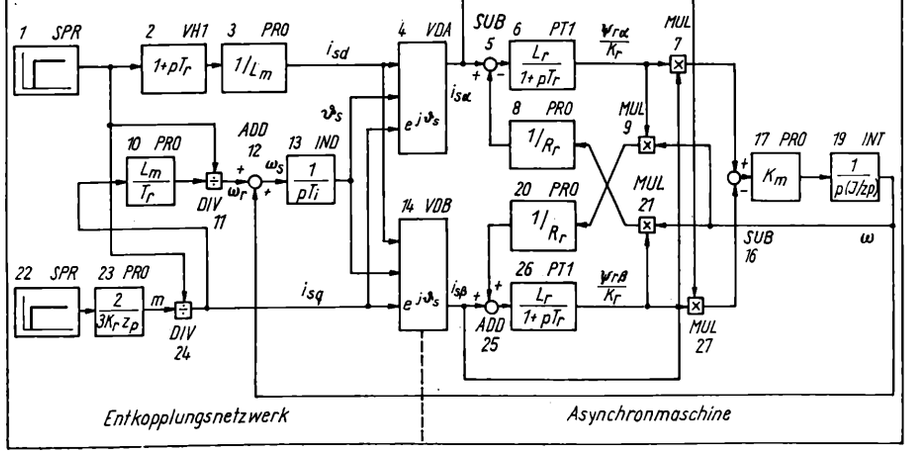


Bild 7. Signalflußplan einer feldorientierten Steuerung der Asynchronmaschine mit Ständerstromeinprägung

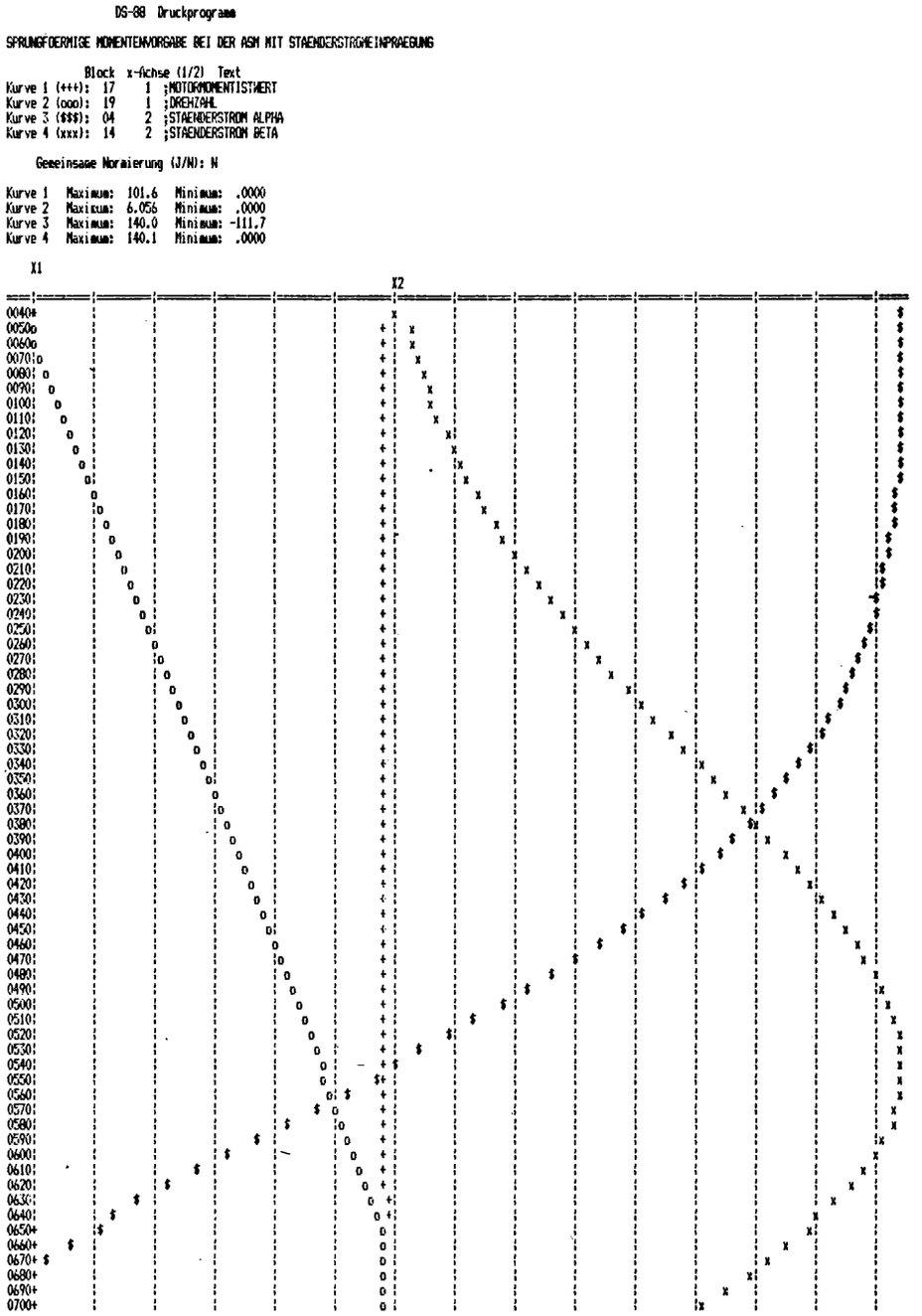


Bild 8. DS-88-Druckprogramm: Verlauf der Ständerströme $i_{s\alpha}$ (Block 4) und $i_{s\beta}$ (Block 14) sowie des Motormoments Block 17 bei sprungförmigen Änderungen des Momentsollwertes (Block 23) von 0 auf 100 und zurück auf 0 (zeitlicher Abstand zwischen 2 Punkten: 10 ms)

◀ ▶

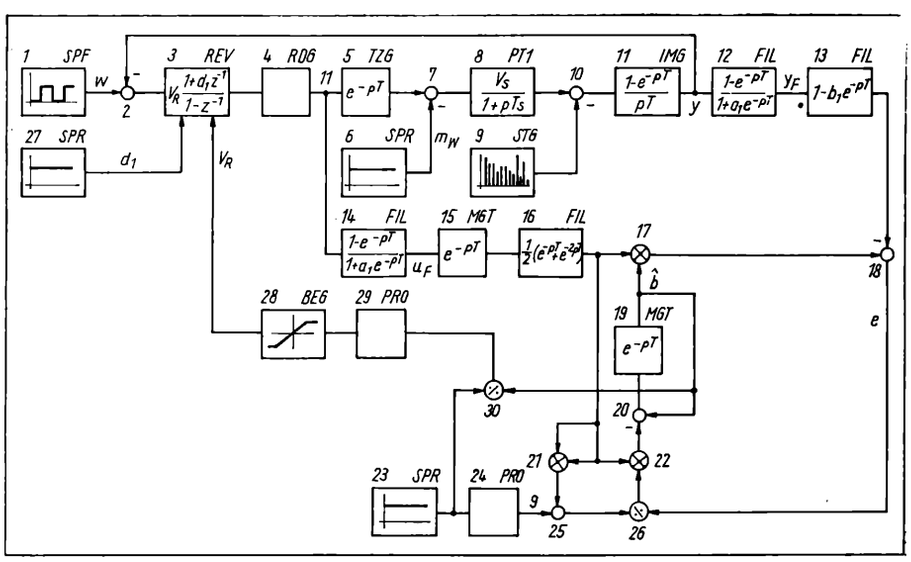


Bild 9. DS-88-Blockschaltbild der adaptiven Drehzahlregelung

Komponenten des digitalen Anlagenschutzes im Leitsystem für vereinfachte Umspannwerke 110-kV-Mittelspannung

H. Mahnert, KDT, Dresden

1. Überblick über die Leittechnik in VUW 110-kV-MS

In den Verteilungsnetzen der DDR haben Umspannwerke 110-kV-MS mit vereinfachter 110-kV-Schaltanlage (VUW 110-kV-MS) besondere Verbreitung. Seit 1986 werden diese Umspannwerke mit mikroelektronischer Leittechnik ausgestattet [1]. Sie basiert auf dem System ursadat 5000 (Hersteller: Kombinat Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow, KEAW). Die Leittechnik wurde für unbesetzten Betrieb und ein hohes Maß an Selbstüberwachung und Fernbedienung des Umspannwerkes konzipiert. Die Automatisierungsfunktionen wurden im Hinblick auf die Folgen ihres Ausfalls in zwei Gruppen eingeteilt: solche mit schwerwiegenden Folgen (Tafel 1a) und solche, deren zeitweiliger Ausfall toleriert werden kann (Tafel 1b).

Mit Ausnutzung der Leistungsgrenzen der ursadat 5000 ergibt sich die im Bild 1 dargestellte (VUW-optimale) Struktur der Leittechnik mit dem redundanten Teil (Grundeinheiten 2 und 3) und dem nicht redundanten Teil (Grundeinheiten 1 und 4). Die Redundanz ist durch einen Hot stand by-Zustand ohne Steuerfähigkeit gekennzeichnet. Die verwirklichten Komponenten des digitalen Anlagenschutzes sind redundant in GE 2 und 3 implementiert. Für jeden Schutzbereich wird ein Schutzsystem 1 und Schutzsystem 2 definiert, die jeweils parallel und unabhängig ausgeführt sind. Nur jeweils eine der beiden Schutzeinrichtungen ist digital im Doppelrechnersystem GE 2/3 realisiert, während die andere als „konventioneller Netzschutz" ausgeführt ist. Ein vollständig digital ausgeführtes System erfordert anstelle des Feldes „konventioneller Netzschutz" im Bild 1 zusätzliche Rechner.

2. Aufbau und Wirkprinzip des digitalen Anlagenschutzes

Ausgehend vom klassischen Primärwandler beginnt die redundante Ausführung mit für GE 2 und 3 getrennten Prüfsteckdosen (Hersteller: KEAW, Typ 2974.01 bzw. 03) und Signalwandlern (Entwickler: Institut für Energieversorgung Dresden, IEV, Hersteller: Energiekombinat Gera, IBRA Saalfeld) in jedem Wandlersekundärkreis. Alle Prüfsteckdosen und Signalwandler sind in einem „Koppelschrank Messung" zusammengefaßt (Hersteller: Elektro-Anlagen-Bau Berlin). Für den Schutz werden drei Signalwandlertypen eingesetzt, die die Signale an den Rechner anpassen: IEV 1.1. für 200 V (Meßbereichsgrenze), IEV 1.2.1. für 20 A (Variante 40 A), IEV 2.2.2. für 2 A. Sie bewirken Gleichtaktunterdrückung, Potentialtrennung und bieten am Ausgang ein Einheitssignal 10 V/$\sqrt{2}$. Nach den Eingabekarten (AE-AG 2315.41 und AE-E 2311) erfolgt die Digitalisierung (AE-G 2305) mit 11 bit Auflösung plus Vorzeichen. Ein Koprozessor (Einplatinenrechner AE-DV 2312 mit der ZRE U 880) steuert den Ablauf und bewertet die Meßwerte entsprechend dem Schutzkriterium. Die Baugruppen AE-AG und AE-DV wurden in enger Zusammenarbeit zwischen ZFT KEAW und IEV den Erfordernissen zur Verarbeitung von 50-Hz-Signalen angepaßt. Der Prozessor U 880 kann insbesondere dann effektiv Schutzaufgaben bearbeiten, wenn dabei keine anspruchsvollen arithmetischen Anforderungen entstehen. Unter dieser Bedingung und mit maximaler Nutzung seiner Rechenkapazität gelingt es, mehrere „logische Schutzgeräte" gleichen oder unterschiedlichen Typs mit einem Prozessor zu bedienen. Die Effektivität wird zusätzlich dadurch gesichert, daß neben den Echtzeitkanälen mit Zeitforderungen im ms-Bereich weitere Kanäle mit geringeren Zeitanforderungen im Bereich 100 ms bis 1 s für quasistationäre Meßwerte zur Betriebsführung (Spannungsregelung, Umschaltautomatik, Meßwertabbild) von der gleichen Eingabebaugruppe nebenbei mit bedient werden. Für ein typisches Beispiel eines VUW gelingt auf diesem Wege in einer Grundeinheit GE 2 mit 4 Koprozessoren AE-DV die Bedienung von 28 logischen Schutzgeräten (56 Echtzeitkanäle) und weiteren 27 Meßstellen zur Betriebsführung mit zyklischer Aktualisierung des internen Meßwertabbildes innerhalb von 100 ms. Die Steuerprogramme aller AE-DV einer Grundeinheit rufen die Echtzeitkanäle und die zugehörige projektabhängige Folge der Schutzprogramme nach einer einheitlichen Zeitvorgabe (Vorzugswert Zyklus 3 ms) auf. Nachdem alle generierten logischen Geräte bedient sind, werden Diagnoseprogramme aktiv bis eine neue Zeitvorgabe in der Grundeinheit vorliegt. Die Diagnose überwacht die Analog-Digital-Wandlung hinsichtlich zweier Fehlergrenzen und -häufigkeiten, die Invarianz des Programmspeicherinhalts, die Invarianz der Einstellwerte (Parameter) zwischen zwei Eingaben und das Schreib-Lese-Verhalten des RAM. Wurde ein Fehler identifiziert, wird aus einer ISR heraus differenziert reagiert.

Schwerwiegende Fehler bewirken einen einmaligen Neustart der GE mit erneuter Diagnose. Bestätigung eines Fehlers führt in den inaktiven STOP-Zustand der GE und — falls es sich um den Führungsrechner handelt — übernimmt eine verfügbare redundante GE die Führungsfunktion.

Zustandsübergänge in einem der logischen Schutzgeräte lösen in gleicher Weise wie die Diagnoseprogramme einen hochpriorisierten Interrupt in der GE aus, wobei die ISR alle nach außen hin sichtbaren Aktionen des Systems vermittelt: Anregungszähler erhöht, Meldungen erzeugt und speichert, aber nur im aktiven Führungsrechner Programmabläufe von Automatisierungsfunktionen beeinflußt, Schaltgeräte ansteuert und Meldungen an die Netzsteuerstelle überträgt. Die generierbare Aktionsfolge für jedes logische Gerät verläßt bei zeitaufwendigen Aktionen (z. B. Schalthandlungen und Umschaltfolgeprogramme, Meldungsausgaben, KNOSPE) die Interruptbehandlungsebene, und es werden quasi gleichzeitig zahlreiche Aufgaben auf dem Taskniveau bedient. Einen Überblick über die Vielfalt der Aktionen bietet Tafel 2.

Das integrierte System erweist sich hierbei als effektiv und leistungsfähig, da alle Wirkungen durch Softwareschnittstellen vermittelt werden können.

Tafel 1. Ausfallsicherung im Leitsystem durch einfache Redundanz

a) Funktionen mit Redundanz	b) Funktionen ohne Redundanz
Bedienung in der UW-Warte	Fernbedienung in der Netzsteuerstelle
Digitaler Anlagenschutz	Protokollausdrucke
Steuerung 110 kV	AFE, FAWE
Steuerung MS-Einspeisungen/Kupplungen	Steuerung MS-Abgänge
Steuerung Sternpunktanlagen	Steuerung Tauchkernspulen
Stufung 110-kV-Transformatoren	Kompensationsgradregelung
Spannungsregelung	Schaltzustandsabbild
Schaltzustandsabbild	(MS-Abgänge)
(110-kV- und MS-Einspeisung)	Messung:
Meßwertabbild (U, I)	Abgangsströme
(110-kV- und MS-Einspeisung)	Frequenz
Schaltfolgeprogramme nach Ausfällen	Meßwertauswertung:
KNOSPE	Transformatorbelastung
Schaltfolgeprogramme nach	Höchststromwerte
Sammelkommandos	Leistungsberechnung
Spannungsfehlerprotokoll (SFP)	
Hand-AWE	
Sofortmeldungen	
Bildschirmprotokolle von Meldungen:	
Schutz/Ausschaltströme	
Störungen	
Schaltstellungen	
Bedienungen	
Prüfungen	
Spannungsfehler (SFP)	

3. Parametrierung

Neben projektabhängigen bei der Generierung festgelegten Informationen (etwa den Verriegelungsbedingungen) sind Parameter („Einstellungen") durch Bedienung im laufenden Betrieb zu ändern. Wie bei Kommandoeingaben erfolgt das im Dialog zwischen Bediener und dem System mit Bildschirm und Universaltastatur.

Von beiden Bedienplätzen im UW und dem in der Netzsteuerstelle können die zuletzt eingegebenen Parameter für jedes logische Gerät gelesen werden:

E2	(oberer) Einstellwert des Stromes oder der Spannung
VZ2	zugehörige Verzögerungszeit
E1	unterer Einstellwert des Stromes oder der Spannung beim zweistufigen Schutz
VZ1	zugehörige Verzögerungszeit.

Dr. rer. nat. *Hartmut Mahnert* ist Forschungsgruppenleiter im Institut für Energieversorgung Dresden.

Bild 1. Rechnerstruktur

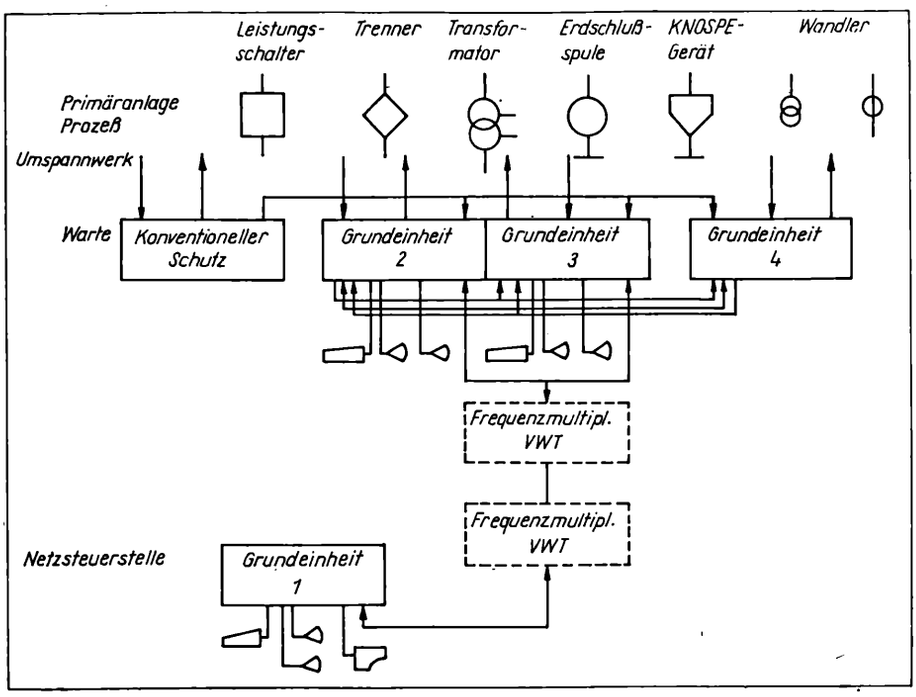
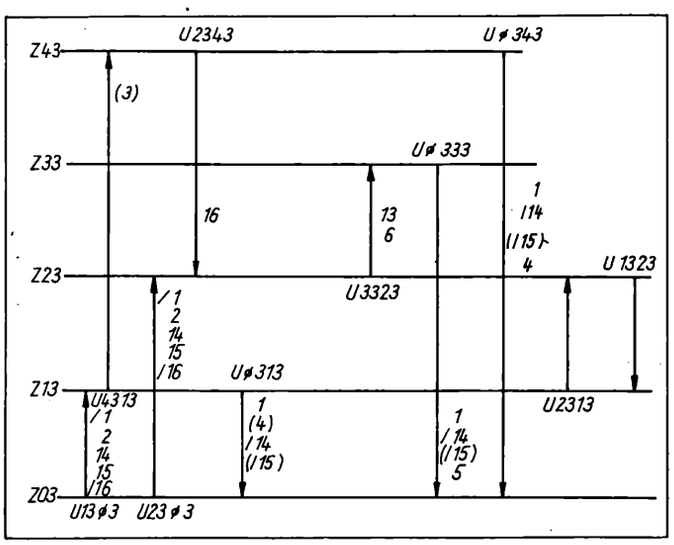


Bild 2. Zustandsschema des *UØ*-Schutzes



Tafel 2. Aktionen des Führungsrechners bei Zustandsänderungen der logischen Geräte des Anlagenschutzes

1	Verriegelung der Schnellstufe von zweistufigen bzw. der Auslösung von einstufigen Geräten
/1	Freigabe der Schnellstufe bzw. der Auslösung
2	Erhöhung des Anregungszählers um 1
3	Meldung Schutzanregung Sa
(3)	Meldung Sa, falls Erlaubnis vorliegt (vgl. 16)
4	Meldung Rückgang der Schutzanregung Sa R mit *Ua* = x.xx *UA* = 0.00 oder *Ia* = x.xx *IA* = 0.00 ohne vorangehende Auslösung
(4)	Meldung Sa R, falls Erlaubnis vorliegt (vgl. 16)
5	Meldung Sa R nach vorangehender Auslösung mit *Ua* = x.xx *UA* = x.xx oder *Ia* = x.xx *IA* = x.xx
6	Meldung Auslösung SAU oder Auslösung Schnellstufe SAU SCH
7	Meldung Auslösung Endstufe SAU END
8	Meldung Auslösung bei Schutzprüfung SAU PRFG SCH
9	Meldung SAU PRFG END
10	Ausschaltkommandos an bis zu 7 Leistungsschalter zur selektiven Fehlerabschaltung
11	Ausschaltkommando an Leistungsschalter als Reserveschutz
12	Aufruf eines Folgeschaltprogramms zur Umschaltung auf fehlerfreie Anlagenteile
13	Aufruf eines Erdschlußbehandlungsprogramms (KNOSPE, AWE, Suchschaltautomatik)
14	Verhindern von Programmen (Bedienung Sternpunkttrenner, Steuerung Stufenschalter, Spannungsregelung) oder Beeinflussung von Programmabläufen (Umschaltautomatiken)
/14	Erlauben von Programmen
15	Ausgabetor öffnen (Erdschlußanzeige, Verriegelung von Druckluftsteuergeräten)
(/15)	Ausgabetor schließen, falls keine weitere Verriegelungsbedingung mehr gültig ist
16	Erlauben einer folgenden Meldung Sa R, Verhindern einer folgenden Meldung Sa
/16	Erlauben einer folgenden Meldung Sa, Verhindern einer folgenden Meldung Sa R

Nicht plausible Änderungen werden zurückgewiesen. Nach Quittieren des vollständigen geänderten Parametersatzes am Führungsrechner des UW oder in der Netzsteuerstelle erfolgt der Blocktransfer des Satzes an die vom Systemzustand abhängige Vielzahl der RAM-Bereiche mit entsprechenden Fehlernachrichten sowie eine Meldung über die erfolgte Bedienung. Der Schutz arbeitet dabei unterbrechungsfrei. Zwischen zwei Eingaben wird die Invarianz der Parametersätze aller logischen Geräte überwacht.

Die Ablage der Parameter erfolgt aufwendig in mehrfacher Form. Nach der Identifikation von Fehlern erfolgt die Regeneration des gestörten Bereichs aus nicht betroffenen redundanten Bereichen der GE oder — falls das nicht gelingt — erfolgt ein Transfer aus der redundanten GE. Beim erstmaligen Systemstart und nach einer Störung des Gesamtsystems mit Datenverlust sind im ROM generierte „Standardparameter" gültig.

4. Spannungszeitschutz (*UØ*)

Der *UØ*-Schutz dient in Netzen ohne wirksame Sternpunkterdung der Identifizierung von Sternpunktverlagerungsspannungen. Er überwacht im VUW 110-kV-MS die E-N-Spannungen der 110-kV-Einspeisungen und aller MS-Netze. Einen Überblick über die Zustände des *UØ*-Schutzes gewinnt man aus Bild 2. Neben dem nicht angeregten Zustand Z03 existieren 4 angeregte Zustände. Die Anregung erfolgt unverzögert, so daß Verriegelungsbedingungen (z. B. zum Schutz der Sternpunkttrenner) rasch wirksam werden. Der Schutz wird durch eine endliche Rückgangszeit (Restlebensdauer des Zustandes nach Wegfall der Anregungsbedingung) stabilisiert. Erdschlußwischer werden gezählt aber nicht gemeldet. Die Größe der Verlagerungsspannung in Relation zu den Einstellwerten E2 und E1 entscheidet über das Anregungsniveau Z13 oder Z23. Dauerhafte Erdschlüsse mit Überschreitung der eingestellten Verzögerungszeit (VZ2 oder VZ1) führen in stärker stabilisierte Zustände (Z33 nach Überschreitung von E2 oder Z43 nach Überschreitung von E1 und Unterschreitung von E2). Die Aktionen und Wirkungen des Schutzes sind durch Ziffern an den Übergängen im Bild 2 gekennzeichnet, deren Bedeutung aus Tafel 2 hervorgeht. Die Rückkehr in den nicht angeregten Zustand Z03 kann generierungsabhängig bei logischen Geräten des Schutztyps *IØ* die Auslösung

verhindern. Diese Verriegelung kann als zusätzliches Mittel ausgenutzt werden, eine Überfunktion des *IØ*-Schutzes als Folge von Kurzschlüssen ohne Erdberührung oder infolge von Beeinflussung zu unterdrücken.
Für kompensiert betriebene MS-Netze kann für den Übergang U3323 im Bild 2 neben dem Programm KNOSPE (kurzzeitige niederohmige Sternpunkterdung) ein Programm mit AWE-Folgeschaltung und Bewertung der Verlagerungsspannung in den Pausenzeiten generiert werden.
Die Meldung Sa R (Rückgang der Schutzanregung) enthält als Ua den maximalen Wert der E-N-Spannung (bezogen auf den Nennwert 100 V) im Anregungszeitraum und als UA diesen Wert während der Einschaltzeit eines KNOSPE-Widerstandes.

5. Maximalstromzeitschutz (*I*>)

Der zweistufige dreipolige *I*>-Schutz dient in Netzen ohne wirksame Sternpunkterdung der selektiven Abschaltung mehrpoliger Fehler. Er ist nicht als Überlastschutz gedacht. Die Selektivität der Schnellstufe wird durch Signalvergleich erreicht, diejenige der Endstufe durch die Verzögerungszeit entsprechend dem Staffelplan. Die Abstufung der Einstellwerte des Stromes E2 und E1 ermöglicht zusätzliche Anpassungen an die Betriebsbedingungen. Im VUW 110-kV-MS läßt sich der *I*>-Schutz an den MS-Einspeisungen und Kupplungen sowie den Einspeisungen der 110-kV-Transformatoren einsetzen. Im letzten Fall ist der Einstellwert E2 der Schnellstufe mit Rücksicht auf den Rush-Effekt einzustellen. Bild 3 ermöglicht einen Überblick über die Zustände des *I*>-Schutzes. Um eine schnelle Wirksamkeit des Signalvergleichs („Verriegelung") zu garantieren, erfolgt die Anregung (U1101) unverzögert nach einmaliger Überschreitung von E1. Die Anregung verriegelt (Logik positiv) die Schnellstufen nicht selektiv wirksamer *I*>-Geräte. Die Stabilisierung des Schutzes erfolgt über eine generierbare Rückgangszeit (Vorzugswert 33 ms) in den Grundzustand Z01 und die Zurückweisung von noch darunter liegenden Verzögerungszeiten VZ2 bei der Einstellung der Schnellstufe (Stabilisierung gegen Ausgleichsströme, Blitzströme und Beeinflussungen des Strompfades). Überdauert der angeregte Zustand Z11 die Verzögerungszeit VZ2, erfolgt Auslösung, wenn der aktuelle Mittelwert des Kurzschlußstromes aus einer positiven und einer negativen „Halbwelle" den Einstellwert E2 übersteigt (Gleichglied wird unterdrückt), wenn in einem generierbaren Zeitraum (Vorzugswert 33 ms) keine Verriegelungsbedingung mehr gültig war und im Anregungszeitraum kein anderer Leiter des logischen Gerätes die Auslösebedingungen bereits erfüllte.
Die Auslösung in Schnellzeit erzeugt die Meldung SAU SCH, die vom Führungsrechner an die Netzsteuerstelle übertragen wird. Er erzeugt auch die Ausschaltkommandos an maximal 7 in der Gerätetabelle des logischen Gerätes vereinbarte Leistungsschalter, kontrolliert die Schalthandlungen und bearbeitet ein gewünschtes Folgeprogramm zur Wiederherstellung der Versorgung ohne den fehlerbehafteten Anlagenbereich oder für eine Rückgreifschaltung bzw. eine Mitnahmeschaltung nach Leistungsschalterversagen. Solange eine der Auslösungsbedingungen nicht erfüllt ist, wird die Anregungsdauer mit der eingestellten Verzögerungszeit VZ1 verglichen. Übersteigt im zutreffenden Fall der aktuelle Mittelwert den Einstellwert E1 erfolgt Auslösung, wenn im Anregungszeitraum noch kein anderer Leiter des logischen Gerätes auslöste (Meldung SAU END und AUS-Kommando an einen Leistungsschalter). Die Wirkung bezieht sich innerhalb des Reserveschutzes auf nachgeordnete Schutzbereiche. Die Meldung beim Rückgang der Anregung (Sa R) enthält leiterspezifisch den maximalen Kurzschlußwechselstrom im Anregungszeitraum Ia bezogen auf die Meßgrenze des eingesetzten Signalwandlers (z. B. 20 A) sowie den Kurzschlußwechselstrom *IA* nach dem AUS-Kommando.

6. Maximalstromzeitschutz (*IØ*)

Der einstufige einpolige *IØ*-Schutz dient der selektiven Identifizierung oder Abschaltung einpoliger Fehler in Netzen mit NOSPE oder KNOSPE. Die Selektivität wird durch Signalvergleich hergestellt. Im VUW 110-kV-MS wird der digitale *IØ*-Schutz an Wandler, an den Sternpunktwiderständen sowie an den MS-Einspeisungen und Kupplungen angeschlossen. Bild 4 gibt einen Überblick über die Zustände des *IØ*-Schutzes. Die Anregung mit dem Übergang U1404 erfolgt verzögert dann, wenn der über die generierte Überwachungszeit (Vorzugswert 24 ms) gebildete Mittelwert aus den maximalen Nullströmen jeder Halbwelle den Schwellwert E2 übersteigt. Der angeregte Zustand Z14 ist gegenüber U0414 (Rückgang der Anregung) mit einer generierbaren Rückgangszeit stabilisiert, so daß der folgende Mittelwert ebenfalls den Schwellwert E2 unterschreiten muß.
Wurde die Verzögerungszeit im angeregten Zustand Z14 überschritten, übertrifft der aktuelle Mittelwert den Wert E2 und war über einen generierbaren Zeitraum (Vorzugswert 47 ms) keine Verriegelungsbedingung mehr gültig, wird der Zustand Z14 über den Übergang U3414 (Schutzauslösung) verlassen. Dabei wird die Meldung SAU SCH (Auslösung Schnellzeit) erzeugt.
Der Führungsrechner erzeugt die gleichen in der Gerätetabelle des logischen Gerätes zu vereinbarenden Aktionen des Systems (AUS-Kommandos an bis zu 7 Leistungsschalter, Umschaltprogramme).
Die Verriegelung der Auslösung des *IØ*-Schutzes ist dagegen sowohl mit positiver als auch negativer Logik bei Anregung des verriegelnden Schutzes möglich.
Selektiv wirkende *IØ*-Geräte verhindern wie beim *I*>-Schutz die Auslösung nicht selektiv angeregter logischer Geräte. Andererseits kann eine Überfunktion des selektiven *IØ*-Schutzes bei fehlender Anregung des übergeordneten Schutzes im Sternpunkt durch die „negative Verriegelungslogik" vermieden werden. Holmgreenschaltungen zur Bildung des Nullstromes im Sekundärkreis führen nicht zur *IØ*-Auslösung bei mehrpoligen Fehlern.
Die Meldung Sa R enthält den maximalen Erdschlußstrom im Anregungszeitraum (*Ia*) und denjenigen nach dem AUS-Kommando (*IA*) jeweils bezogen auf die Meßgrenze des Signalwandlers (2A).

7. Schutzprüfung

Entwicklungsziel jeder digitalen Systemlösung muß eine Autodiagnose ohne Notwendigkeit turnusmäßiger manueller Prüfungen sein. Das ist in der beschriebenen Lösung weitestgehend jedoch ausschließlich der analogen Signalwege bis zum ADC und der Steuersignale zu den Leistungsschaltern geschehen. Für die Prüfung auch dieser Bereiche werden Prüftechnologien nach klassischem Vorbild angeboten, die eine Unterstützung durch die Rechner enthalten. Die Steuerkreise können im Führungsrechner mit Kommandoeingabe in Form einer „Hand"-AWE geprüft werden. Die Prüfung der Analogsignalverarbeitung erfolgt als Sekundärprüfung mit Einspeisung der Prüfgrößen über die Prüfsteckverbindung. Diese Prüfung kann während des Betriebes unter Ausnutzung der Redundanz ohne Funktionsunterbrechung des Schutzes erfolgen. AUS-Kommandos am Leistungsschalter und am Folgeschaltprogramm werden auch dann verhindert, wenn die Prüfung bei nicht verfügbarer Redundanz im Führungszustand erfolgt. Anstelle der Meldung SAU wird die Meldung SAU PRFG erzeugt.

Bild 3. Zustandsschema des *I*>-Schutzes

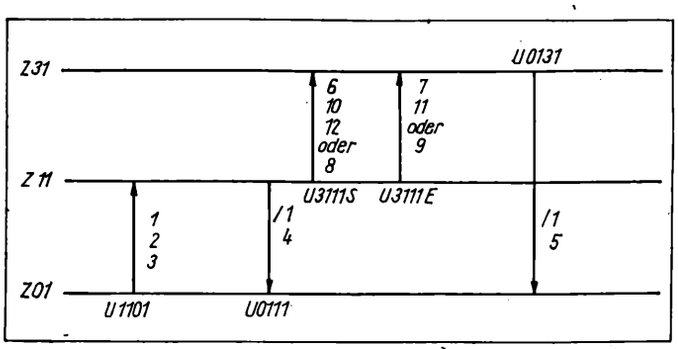
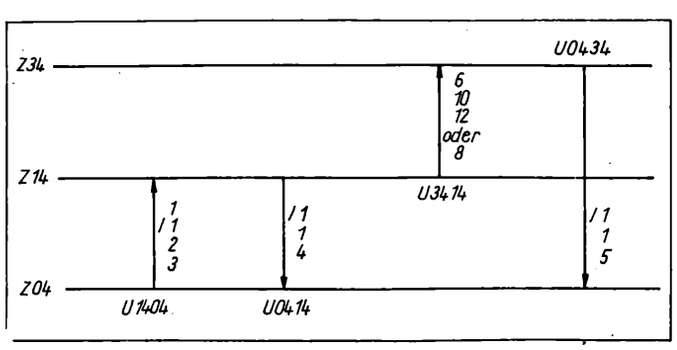


Bild 4. Zustandsschema des *IØ*-Schutzes



Stromschienen aus AlFeMg-Leitlegierung – eine Alternative für Kupfer

H. Schneider, KDT; P. Dammköhler, KDT; H. Hackenberg, Freiberg

Mitteilung aus dem VEB Mansfeld Kombinat Wilhelm Pieck, Forschungsinstitut für NE-Metalle Freiberg

In allen Bereichen der Volkswirtschaft der DDR hat der technische Fortschritt durch verstärkte Mechanisierung und Automatisierung eine beträchtliche Steigerung der Elektrifizierung und damit des Verbrauchs von Leitermaterialien für den Transport von Elektroenergie hervorgerufen. Auch perspektivisch wird der Bedarf der DDR speziell an Buntmetallen mit beträchtlichen Importen aus dem NSW abgedeckt. Zur weiteren Minimierung der Importaufwendungen bei Leiterwerkstoffen ist die Substitution von Kupfer durch Aluminiumwerkstoffe in Verbindung mit Erzeugnisentwicklungen/Überarbeitungen weiterzuführen.
Dazu hat das Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle Freiberg als Sortimentserweiterung Stromschienen aus einer Al-Leitlegierung entwickelt, die seit 1984 produziert und serienmäßig zur Verschienung des Starkstrombereiches von E-Triebfahrzeugen der Baureihe 212/243 und zunehmend in weiteren Erzeugnissen der Elektrotechnik mit gutem ökonomischem Vorteil angewendet werden.

1. Traditionelle Stromschienen-Werkstoffe

1.1. Stand in der DDR

Für Stromschienen in der Elektrotechnik sind Reinkupfer (E-Cu99,9; SE-Cu99,95) [1] und Reinaluminium (Al99,5-E) [2] fertigungs- und abmessungsbedingt in 5 bzw. 2 (3) Festigkeitsklassen standardisiert [3] [4] (Tafel 1). Reinmetalle können eine gezielte Festigkeitserhöhung des Zustandes „weich" (F20 bei E-Cu99,9; F7 bei Al99,5E) nur durch Kaltumformung/-verfestigung im metallurgischen Herstellungsprozeß erhalten. Die Montagebetriebe sowie die Anlagenbetreiber sollten hier beachten, daß diese Festigkeitserhöhung durch Wärmeeinwirkung, z. B. bei der Verarbeitung (Schweißen; Biegen oder Richten mit zusätzlicher örtlicher Erwärmung) oder im Anlagenbetrieb (Überlastfahren), im ungünstigsten Fall bis auf den Zustand „weich" abfallen kann.
Das Formateangebot umfaßt Rundstangen, Rohre, U-Profile und Flachstangen in abgestuften Abmessungsbereichen. Aus verschiedenen Verarbeitungsgründen wird von der Elektrotechnik das Sortiment Flachstangen, gepreßt oder gezogen (eingeengte Maßhaltigkeit und Rauhtiefe; höhere Festigkeitsstufe(n) lieferbar) mit gerundeten [5] oder scharfen Kanten [6] bevorzugt.
Im Verbrauch von Stangen und Profilen aus Kupfer mit etwa 3000 t/a für elektrotechnische Anwendungen dominieren in der DDR Bauteile für die Erzeugnisse Elektromaschinen, Schaltgeräte, Sicherungen sowie Transformatoren und Wandler. Für die Verwendung von Bauteilen aus Kupfer sind hier besonders zwingend:

— Volumenprobleme
— die Stromübernahme durch gleitende Kontakte
— Schaltkontakte und Kontaktmesser in Verbindung mit Edelmetallkontaktstücken bzw. Silberauflagen.

Etwa 600 t Kupferstangen werden für die Verschienung von Erzeugnissen des Starkstromanlagenbaus, in Galvanikanlagen, in der Leistungselektronik, im E-Triebfahrzeugbau und teilweise in Netz- und Mittelfrequenzinduktionsanlagen verwendet. Der Kupfereinsatz ist infolge erhöhter Sicherheits- oder Korrosionsschutzforderungen durch geltende Vorschriften von Bergbau, Chemischer Industrie und Schiffbau festgelegt und ist bei Verträgen des Anlagenexports einzuhalten.
Hauptmaterial für die Verschienung in elektrischen Niederspannungsverteilungsanlagen sind mit einem Jahresbedarf von etwa 1400 t/a Stangen aus Al99,5E. In den wesentlichsten Einsatzgebieten, in denen die genannten Einschränkungen nicht gemacht werden müssen, hat sich bereits jahrzehntelang der Einsatz von Reinaluminium auf Grund vieler vorteilhafter Merkmale mit guter bis hervorragender Eignung durchgesetzt. Zu den positiven Merkmalen des Aluminiums als Leitschienenwerkstoff gehören:

— gute elektrische Leitfähigkeit (bis 62 % der Leitfähigkeit von Kupfer)
— geringere spezifische Dichte (Al-Leiter erfordern gegenüber leitwertgleichen Cu-Leitern etwa den 1,6fachen Querschnitt, wiegen aber nur etwa 50 %)
— geringere Erwärmung als Kupfer bei gleichem Stromdurchgang
— unmagnetisch
— gute Korrosionsbeständigkeit
— bedeutend höhere Kurzschlußfestigkeit als leitwertgleiche Cu-Stromschienen
— keine Metallisierung bei Lichtbogenkurzschlüssen (nur nichtleitende oxidische Al_2O_3-Rückstände)
— vorteilhafte und rationelle Möglichkeit der Herstellung von optimalen Stromschienenprofilen durch Strangpressen
— sehr gute Schweißbarkeit mit speziellen Schutzgas-Schweißververfahren

Ing. *Heinz Schneider* ist Gruppenleiter Werkstoffprüfung, Dipl.-Met. *Paul Dammköhler* und Dipl.-Met. *Heinz Hackenberg* sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle Freiberg.

8. Typprüfung und Zuverlässigkeit des Systems

Dem Einsatz des Systems gingen umfangreiche Prüfungen und Tests voraus [2]. In Labors erfolgten Funktionsprüfungen mit der Aufschaltung statischer und dynamischer Prüfgrößen sowie die Isolationsprüfung und thermische Prüfungen der Eingangskreise nach TGL (20620, 20621, 200-0645/03), ferner Störfestigkeitsprüfungen in Zusammenarbeit mit der TU Dresden (TGL 36172, DIN 45410, IEC 255-4/801-2/65 SEC-96), Erdschlußversuche im MS-Netz und schließlich Dauerversuche unter Betriebsbedingungen des Schutzes in Zusammenarbeit mit dem Energiekombinat Karl-Marx-Stadt.
Zusammenfassend läßt sich feststellen:

— Das System bewährte sich insgesamt bei den umfassenden Prüfungen.
— Schwachstellen wurden nicht im speziellen Bereich des Schutzes ermittelt. Sie betreffen die Störfestigkeit von Überwachungsbaugruppen der ursadat 5000 und das bekannte Problem von Steckverbindungen. Innerhalb der Systemlösung wird durch Behandlungs- und Betriebsvorschriften ihrem Auftreten entgegengewirkt.

9. Merkmale des digialen Anlagenschutzes

Kennzeichnend für die speziellen Eigenschaften der digitalen Lösung sind:

— hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Zeitablaufs
— hohe Zeitauflösung der Ereigniserfassung und -speicherung (10 ms) für komplexe Fehlerabläufe mit der Option der selektiven Ausgabe von Ereignisklassen
— Übertragung aller Meldungen zur Netzleitstelle und dortige Quittierung von Störungsmeldungen
— Speicherung und Angabe der Fehlergrößen (Kurzschlußstrom, Verlagerungsspannung) und der Ausschaltströme innerhalb des Meldungsumfangs
— Schutzeinstellung ohne Funktionsunterbrechung des Schutzes und Unterstützung durch Sinnfälligkeitstests
— Autodiagnose mit differenzierten Fehlermeldungen und automatischer Aktivierung der Redundanz nach Ausfall
— komplexe Wirkungsmöglichkeiten auf Systemfunktionen, wie: Steuerung Leistungsschalter, Verriegelung der Sternpunkttrenner und Stufenschaltwerke, KNOSPE/NOSPE, Umschaltautomatiken, gegenseitige Verriegelung von Schutzgeräten, Spannungsregelung, Meßwertverarbeitung, Fernwirktechnik, Autodiagnose und Systemdiagnose.

Literatur

[1] *Buchholz, B.; Mahnert, H.; Thämelt, G.:* Automatisierte Betriebsführung vereinfachter 110-kV-Umspannwerke auf Basis von Mikrorechnersystemen. ELEKTRIE, Berlin 39 (1985) 7, S. 245 – 248

EA 5790

Tafel 1. Festigkeit, Dehnung und Brinellhärte von Stromschienen-Werkstoffen (Flachstangen)

Werkstoff	Zustand	Dehngrenze[1]) $R_{p\,0,2}$ MPa	Zugfestigkeit R_m MPa	Bruchdehnung A_5 % mind.	Brinellhärte[1]) K = [2]) (Richtwert)	Abmessungen Flachstangen Dicke mm	Breite mm max.	Quelle
Al99,5-E	gepreßt (F7)	25 bis 80	70 bis 100	23[1])	20 bis 30	3 bis 10	200	[4]
	gezogen (F8)	50 bis 100	≧ 80	15[1])	22 bis 32	5 bis 10	100	
	gezogen (F10)	70 bis 120	≧ 100	7[1])	≧ 30	3 bis 5	60	
E-Cu99,9; SE-Cu99,95	weich (F20)	40 bis 100	≧ 200	40	40 bis 60	jede	140	[3]
	halbhart (F25)	≧ 150	≧ 245	12	60 bis 80	5 bis 12	120	
	hart (F30)	≧ ≧ 245	≧ ≧ 290	5	80 bis 100	12 bis 20	80	
	hart (F37)	≧ ≧ 320	≧ ≧ 360	4	≧ 100	3 bis 5	100	
	gezogen (zh)	≧ 70	≧ 240	8	≧ 55	3 bis 4	12	
						jede ziehbare Abmessung		
AlFeMg-E	gepreßt	80 bis 120[3])	110 bis 160	15	32 bis 40	5 bis 10	40 bis 80	[12]

[1]) für die Abnahme nicht bindend; [2]) für Al: K = 5, für Cu: K = 10; [3]) Abnahme-Kennwert

— gute Bearbeitbarkeit einschließlich günstigem Montageverhalten

— ausreichende bis gute mechanische Festigkeit

— günstigere Verfügbarkeit und ökonomischer im Preis als Kupfer.

Einer Anwendungserweiterung von Al99,5E-Stromschienen zur Substitution von Kupfer stehen neben konstruktionsbedingten Anlageneigenheiten vorwiegend einige werkstoffspezifische Eigenschaften entgegen. Es sind insbesondere:

1. die geringe mechanische Festigkeit[1]) im weichen Zustand
2. die zeitlich abfallende Kontaktgüte bei Schraubverbindungen durch Kontaktdruckverminderung infolge nichtausreichender Kriechbeständigkeit
3. die vielmals zu geringe Wärmebeständigkeit des kaltverfestigten, halbharten Zustandes „F9" und/oder
4. der spürbare Abfall der Warmfestigkeitseigenschaften bereits bei Betriebstemperatur
5. die ungünstige Langzeitveränderung des Übergangswiderstandes durch Oxidschichtbildung erhöht zunehmend die Verbindungsresistanz und verschlechtert damit den Gütefaktor; unsachgemäße Schienenmontage (= erhöhter Anfangsgütefaktor) beschleunigt diesen natürlichen Vorgang.

Mit Stromschienen aus Reinaluminium konnte infolge der genannten relativen Kontaktunsicherheit bei erhöhten Beanspruchungsbedingungen, langen Instandhaltungszyklen und z. B. höheren Anforderungen an parallelen Stromfluß die Kupfersubstitution in den Erzeugnissen Elektrolokomotive, Dioden- und Thyristorblöcke, Mittelfrequenzumformer, bestimmten Baugruppen in Induktionsanlagen und stationären Stromverteilungsanlagen im Fernmeldebau nicht realisiert werden.

1.2. Internationaler Trend

International sind neben den klassischen Stromschienen-Werkstoffen Reinkupfer (E-Cu99,9) und Reinaluminium (Al99,7; Al99,5E) in einigen führenden Industrieländern bereits seit Jahren verschiedene Al-Leitlegierungen mit verbesserten mechanischen Eigenschaften handelsüblich [7] und auch genormt [8]. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch den beträchtlichen Preisunterschied zwischen Al und Cu in den Jahren 1965 bis 1975 und den bis 1975 langzeitig stabilen Aluminiumpreis auf dem Weltmarkt [9]. Bei den niedriglegierten Leitwerkstoffen auf Al-Basis werden als Legierungselemente vorwiegend Mg, Cu + Mg oder Mg + Si eingesetzt. Damit läßt sich der verfügbare Festigkeitsbereich beträchtlich nach oben erweitern, allerdings bei verminderter elektrischer Leitfähigkeit. Diese Al-Leitlegierungen haben die vom Elektropraktiker geforderte verbesserte Kriechbeständigkeit und sind dem Reinkupfer gleichwertig oder z. T. sogar überlegen.
Einige Legierungsgruppen (AlMgSi, AlCuMg) sind aushärtbar, und sie erhalten erst durch eine spezielle Wärmebehandlung mit anschließender Kalt- bzw. Warmaushärtung die eigentliche Festigkeitssteigerung auf Zugfestigkeitswerte von 170 bis über 300 MPa. Bei diesen aushärtbaren Al-Leitlegierungen fällt mit zunehmender Festigkeit die elektrische Leitfähigkeit bis auf etwa 26 MS/m ab. Oberhalb 100 °C sind die angehobenen Festigkeitseigenschaften nicht wärmestabil [10].

[1]) maßgeblich ausgedrückt durch den Kennwert der 0,2-Dehngrenze ($R_{p\,0,2}$)

2. Entwicklung einer nichtaushärtbaren Al-Leitlegierung

Auf der Basis der Erkenntnisse aus den Entwicklungsergebnissen zu niedriglegierten Al-Leitdrähten [11] und unter Umgehung zusätzlicher kostenintensiver Wärmebehandlungstechnologien wurden im Forschungsinstitut für NE-Metalle Freiberg die Entwicklungsarbeiten für Al-Leitlegierungs-Stromschienen auf die nichtaushärtbaren Legierungssysteme AlFeMg und AlFeCu konzentriert. Labor- und Applikationsergebnisse erbrachten für die Legierungszusätze Fe + Mg vorteilhaftere Kriech- und Wärmebeständigkeit, so daß die weitere Technologieoptimierung bis zur Produktionsüberführung nur für den Typ AlFeMg erfolgte. Als optimale chemische Zusammensetzung zur Erzielung vorteilhafter elektrischer und mechanischer Stromschienen-Eigenschaften ist im Werkstoffkennblatt [12] für diese AlFeMg-Leitlegierung ein Legierungsgehalt von 1,2 bis 1,4 % Eisen und 0,3 bis 0,4 % Magnesium, unter Einhaltung bestimmter Grenzwerte an zulässigen Begleitelementen, festgelegt. Durch eine spezielle metallurgische Verfahrenstechnologie gelingt es, in Stromschienen der angegebenen Zusammensetzung die strukturellen Voraussetzungen für höhere Festigkeit sowie Kriech- und Wärmebeständigkeit im Vergleich zu Stromschienen aus Al99,5-E zu schaffen. Maßgebend ist dabei, daß die Legierungskomponente Eisen im wesentlichen in Form feindisperser intermetallischer Verbindungen ausgeschieden ist und damit einen Beitrag zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften leistet, die elektrische Leitfähigkeit aber nur in geringerem Maße erniedrigt.

3. Werkstoffdaten

Wesentliche physikalische und mechanische Kennwerte des Stromschienen-Werkstoffs AlFeMg-E sind in den Tafeln 1 und 2 den entsprechenden Literatur- und TGL-Angaben von Al99,5-E und E-Cu99,9 gegenübergestellt.
Als Abnahme-Kennwerte bei Raumtemperatur für Stromschienen aus AlFeMg-E sind festgelegt [12] [13]:

— 0,2-Dehngrenze 80 bis 120 MPa
— Zugfestigkeit 110 bis 160 MPa
— Bruchdehnung A_5 ≧ 15 %
— elektrische Leitfähigkeit ≧ 30 MS/m.

Tafel 2. Physikalische Eigenschaften von Stromschienen-Werkstoffen

Eigenschaft	Maßeinheit	Al-Leitlegierung AlFeMg-E	Reinaluminium Al99,5E	Reinkupfer E-Cu99,9
Dichte	g/cm³	2,70	2,70	8,89
Schmelzbereich, Schmelzpunkt	°C	648 bis 658	658	1083
Schmelzwärme	J/g	385	390	182
	J/cm³	1040	1053	1620
Spez. Wärmekapazität	J/(kg · K)	880	920	385
Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)	205 bis 220	230	390
Lineare Wärmeausdehnung bei 0 bis 100 °C	mm/(m · K)	0,023	0,024	0,017
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	MS/m	30 bis 33	≧ 34,6	≧ 56
bei 40 °C	MS/m	27,5 bis 30,5	≧ ≧ 32	≧ ≧ 52
bei 60 °C	MS/m	25,5 bis 28,5	≧ ≧ 29,5	≧ ≧ 48
bei 80 °C	MS/m	24 bis 26,5	≧ 27,5	≧ 45
Elastizitätsmodul	GPa	68 bis 72	62 bis 68	110

Der um 40 bis 45 % geringere Leitwert gegenüber E-Cu99,9 ist aus folgenden Gründen nicht überzubewerten, da

— eine leitwertgleiche Stromschiene aus AlFeMg-E etwa den 1,8fachen Querschnitt erfordert, aber infolge der wesentlich geringeren Dichte nur etwa 55 % der Kupferschiene wiegt
— die massebezogene elektrische Leitfähigkeit des AlFeMg-E etwa 1,8mal höher als die des Kupfers ist
— das Leitwertverhältnis für erwärmungsgleiche Stromschienen infolge der besseren Wärmeabgabe der um etwa 35 % geometrisch größeren Oberfläche bei AlFeMg-E-Stromschienen noch günstiger wird
— die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Einsatztemperatur für alle betrachteten Leitwerkstoffe ausgeprägt ist
— das Trägheitsmoment einer AlFeMg-E-Stromschiene infolge des größeren Querschnittes ungefähr 3mal so groß wie das einer leitwertgleichen und geometrisch ähnlichen Kupferstromschiene ist.

Gepreßte und gereckte AlFeMg-E-Stromschienen haben ohne zusätzliche Wärmebehandlung ein gegenüber Al99,5F7 doppeltes Festigkeitsniveau bei Raumtemperatur. Die Beständigkeit der verbesserten mechanischen Eigenschaften ist auch langzeitig für Temperaturen bis 150 °C gegeben und mit Befunden belegt. So zeigt die Höhe der Druckspannung bei Fließbeginn, die für die Kontaktsicherheit einer Schraubverbindung von entscheidender Bedeutung ist, für AlFeMg-E bis 150 °C Prüftemperatur keinen temperaturbedingten Abfall. Dieses vorteilhafte Werkstoffverhalten sichert die hohe Kriechbeständigkeit der AlFeMg-E-Stromschienen auch bei höheren Einsatztemperaturen.

4. Einsatzempfehlungen

Bisherige Applikationserfahrungen zeigen, daß AlFeMg-E-Stromschienen dann vorteilhaft anwendbar sind, wenn Kupfer ersetzt wird oder wenn die gegenüber Al99,5-E höhere Festigkeit sowie verbesserte Kriech- und Wärmebeständigkeit genutzt werden kann. Setzt man die Leitlegierung anstelle von Kupfer ein, so betragen bei gleichem Leitwert die Bauteilmasse durchschnittlich nur etwa 50 % und die Materialkosten etwa 60 % der Kupferausführung.

Im Kombinat LEW „Hans Beimler" Hennigsdorf begann 1984 der Serienanlauf der neuen E-Lok-Baureihe 212/243 [14] für die Deutsche Reichsbahn. Zur Sicherung des Elektrifizierungsprogramms sollen der Reichsbahn planmäßig bis 1990 550 Stück E-Triebfahrzeuge der BR 243 übergeben werden. Bei dieser neuentwickelten Triebfahrzeuggeneration werden beispielsweise je Lok 360 kg AlFeMg-E-Stromschienen eingebaut und ersetzen etwa 885 kg E-Kupfer. Neben der beachtlichen Kupfersubstitution (Substitutionsfaktor 2,46!) trägt zusätzlich noch die erzielte Massereduzierung für das sehr günstige Masse-Leistungs-Verhältnis der E-Lok bei. In bisher über 300 ausgelieferten Triebfahrzeugen der BR 243 haben sich die höherfesten AlFeMg-E-Stromschienen unter stark wechselnden Fahr- und Beanspruchungsbedingungen sowie bei unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen im täglichen Reise- oder Güterzugfahrbetrieb bei der Reichsbahn bisher bestens bewährt und damit zur hohen Qualität dieses LEW-Spitzenproduktes beigetragen. Die Qualitätssicherung beim Finalerzeugnis erfordert u. a. eine ständig gesicherte Stromschienengüte und die stete Beachtung der Verarbeitungsrichtlinien für diese höherfeste Al-Leitlegierung einschließlich strikter Einhaltung der Verbindungs- und Anschlußtechnologie durch die Montagekollektive. Zu Besonderheiten der Verarbeitung und Fügetechnik von AlFeMg-E-Stromschienen wird demnächst publiziert [15]. Weitere Einsatzmöglichkeiten für Leitlegierungs-Stromschienen im Starkstromanlagenbau bestehen vorwiegend bei Produkterneuerungen oder -überarbeitungen sowie für Leistungs- und Gebrauchswerterhöhungen in

— Niederspannungsverteilungsanlagen
— Hochstromversorgungsanlagen
— Steuerungsanlagen
— Schaltgeräten, -zellen.

5. Ausblick

Ausgehend von der volkswirtschaftlich notwendigen weiteren Substitution von Kupfer als Leitmaterial sowie zur Gebrauchswerterhöhung und Verbesserung der Materialökonomie, unter gebotener Beachtung der Minimierung der gesamtwirtschaftlichen Kosten (Anlagen- plus Verlustenergiekosten während der Gesamtbetriebsdauer), müssen perspektivisch die Finalproduzenten von Starkstromausrüstungen neue Möglichkeiten des erweiterten Einsatzes von höherfesten Stromschienen aus AlFeMg-Leitlegierung einschließlich der stochastischen Bemessung [16] [17] und Sicherung eines stabilen Langzeitverhaltens [18] von stromführenden Schraubverbindungen konstruktiv erschließen. Für die vorgestellte Al-Leitlegierung sind die Dauerstrom-Belastungstabellen für Aluminium des Standards TGL 36 765/02 [19] nur mit Einschränkungen nutzbar, da sie die elektrische Leitfähigkeit von Al99,5E zur Basis haben. Zur Berechnung der Dauerstrom-Belastbarkeit wird der Umrechnungsfaktor $k_1 = 0{,}95$ nach Bild 1 des Standards TGL 36 765/01 empfohlen. Die Bemessung von Starkstromanlagen auf mechanische und thermische Kurzschlußfestigkeit erfolgt nach TGL 200-0606 [20], unter Verwendung der werkstoffspezifisch höheren Festigkeitskennwerte.

Die mitgeteilten Werkstoffdaten und Applikationsempfehlungen sollen dem Projektierungsingenieur, Konstrukteur und Anlagenmonteur in der Starkstromtechnik helfen, die technisch vorteilhaftere und gleichzeitig wirtschaftlichste Werkstofflösung zu finden und mit langzeitigem Vorteil in die Praxis umzusetzen.

Unter den derzeitigen Preisbedingungen für Cu- und Al-Stromschienen sind mit AlFeMg-E-Stromschienen für werkstoffoptimierte Anwendungsfälle Materialkostensenkungen bis zu 50 % erreichbar.

Flachstangen aus AlFeMg-E werden bereits seit 1984 im VEB Chemiekombinat Bitterfeld, Leichtmetallpresserei, in einem breiten Abmessungssortiment nach Werkstandard [13] hergestellt und vorwiegend für die Serienausstattung der E-Lok-Baureihe 243 und in der Leistungselektronik eingesetzt. Bei Bedarf ist grundsätzlich die Fertigung gepreßter Stromschienen entsprechend aller in TGL 22029 [4] enthaltenen Abmessungen möglich.

Bestellungen von Stangen aus AlFe1,3Mg0,3-E sind an den VEB Mansfeld Kombinat „Wilhelm Pieck" Eisleben, Bilanzierung, zu richten. 1987 wurden etwa 50 t AlFe1,3Mg0,3-E-Leitschienen anstelle von etwa 125 t Cu-Stromschienen, bei einer Materialkostenersparnis von etwa 1 Mill. Mark, eingesetzt.

Bei der periodischen Überarbeitung der Standards TGL 22029 und TGL 36765 wird die Aufnahme der höherfesten AlFeMg-E-Leitlegierung empfohlen.

Literatur

[1] TGL 14708. Ausg. 8.76: Kupfer, Marken
[2] TGL 14712/02. Ausg. 7.80: Aluminium; Reinstaluminium und Reinaluminium; Stränge und Halbzeug
[3] TGL 0-40500/03. Ausg. 7.82: Halbzeug aus Kupfer für die Elektrotechnik; Stangen
[4] TGL 22029. Ausg. 8.81: Stangen, Rohre und U-Profile aus Aluminium für Starkstromanlagen
[5] TGL 4196/01. Ausg. 11.85: Rechteckstangen aus Kupfer mit gerundeten Kanten; gezogen
TGL 4196/02. Ausg. 11.85: Rechteckstangen aus Aluminium mit gerundeten Kanten; gezogen
[6] TGL 10084/01. Ausg. 11.85: Rechteckstangen aus Kupfer mit scharfen Kanten; gezogen oder gewalzt
TGL 10084/02. Ausg. 11.85: Rechteckstangen aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen mit scharfen Kanten; gezogen
[7] *Witzig, H.:* Aluminiumstromschienen — Anwendung und spezielle Probleme. Aluminium 45 (1969) 2, S. 95–100
[8] DIN 40501. Ausg. 8.73, Blatt 3: Aluminium für die Elektrotechnik; Profile, Stangen aus Reinaluminium und Aluminium-Knetlegierung; Technische Lieferbedingungen
[9] *Männel, P.; Matthes, E.:* Preisentwicklung und Einsatzumfang von Kupfer und Aluminium in der Elektrotechnik. Metall-Information, Freiberg 18 (1982) 2, S. 18–21
[10] *Litz, E.:* Stromschienen und Ableitungen aus Aluminium. ETZ 101 (1980) 6, S. 385–389
[11] *Jacobi, G.; Schneider, H.:* Al-Leitlegierungen — Struktur und Eigenschaften. Neue Hütte 29 (1984) 11, S. 414–420
[12] Werkstoff-Kennblatt; Leitschienen aus AlFeMg-E für die Elektrotechnik. VEB Mansfeld Kombinat Wilhelm Pieck, Forschungsinstitut für NE-Metalle Freiberg; Juni 1984
[13] Werkstandard CKBS 814. Ausg. 12. 85: Halbzeug aus Aluminiumleitlegierungen
[14] *Lienemann, H.:* E-Lok im Test. Jugend + Technik 31 (1983) 10, S. 740–744
[15] *Schneider, H.; Hackenberg, H.:* Beitrag zur Verarbeitung und Fügetechnik von AlFeMg-Stromschienen. Der Elektro-Praktiker (in Vorbereitung)
[16] *Schimmel, H.:* Betrachtungen zur Auswahl von Stromschienen für elektrotechnische Anlagen. ELEKTRIE, Berlin 27 (1973) 7, S. 373–374
[17] *Scholz, H.; Böhme, H.:* Beitrag zur wirtschaftlichen Bemessung von Stromschienen. ELEKTRIE, Berlin 29 (1975) 7, S. 354–357
[18] *Löbl, H.; Böhme, H.:* Zum Langzeitverhalten von Aluminium-Schraubverbindungen. Wiss. Z. TH Ilmenau 32 (1986) 6, S. 91–99
[19] TGL 36765/01. Ausg. 2.81: Elektrotechnische Anlagen; Stromschienen und -verbindungen; Technische Forderungen und statische Werte
TGL 36765/02. Ausg. 2.81: Belastbarkeit für Aluminium-Stromschienen
[20] TGL 200-0606/01. Ausg. 12.84 und Nachtrag: Bemessung von Starkstromanlagen auf mechanische und thermische Kurzschlußfestigkeit; Begriffe, Formelzeichen
TGL 200-0606/02. Ausg. 12.84 und Nachtrag: Mechanische Kurzschlußfestigkeit
TGL 200-0606/03. Ausg. 12.84: Thermische Kurzschlußfestigkeit

EA 5867

Temperatur-, Asymmetrie- und Phasenfolge-Schutzrelais

G. Eckardt, KDT, Berlin

Die häufigsten Fehlerarten bei elektrischen Motoren sind thermische Überlastungen. Sie führen, wenn nicht rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz der Motoren eingeleitet werden, zur beschleunigten Isolationsalterung der Wicklungen. Das mit Temperaturschutzschaltungen angestrebte Ziel, einerseits die thermischen Reserven der Motoren vollständig auszunutzen und sie andererseits beim Überschreiten der höchstzulässigen Grenztemperatur unverzögert abzuschalten, wird nur dann erreicht, wenn der Temperaturfühler ohne jede Zeitverzögerung die Temperatur der Meßstelle hat. Das ist praktisch jedoch nicht möglich, da sowohl der Temperaturfühler als auch die Wicklungsisolation thermische Zeitkonstanten aufweisen. Eine einigermaßen gute Temperaturmessung mit Temperaturfühlern erfolgt nur bei kleinen Änderungsgeschwindigkeiten der Wicklungstemperatur. Bei großen Änderungsgeschwindigkeiten (etwa 10 K/s) läuft die Fühlertemperatur der Wicklungstemperatur nach. In diesen Fällen ist die Wicklung ungeschützt. Es ist deshalb sinnvoll, rechtzeitig anomale Betriebszustände aufzudecken, sei es, daß sie von der Lastseite oder von der Netzseite auf den Motor bzw. der zugehörigen Anlage schädigend einwirken.

Ein Netzfehler, der auf den Motor wirkt, ist der Phasenausfall. Der Motor nimmt gegenüber dem dreiphasigen Betrieb einen erhöhten Strom auf, der zur Überschreitung der zulässigen Grenztemperatur führen kann. Unabhängig von der Schaltungsart der Ständerwicklung wird außerdem bei Phasenausfall der Läufer zusätzlich thermisch durch die Vergrößerung des Schlupfes und die Entstehung eines Gegendrehfeldes belastet. Dieser Effekt führt insbesondere bei Motoren großer Nennleistung dazu, daß die Grenztemperatur des Läufers früher erreicht wird als die der Ständerwicklung (läuferkritische Motoren). Bei Phasenausfall laufen zwar die Motoren häufig weiter, aber das Drehmoment sinkt stark. Lastabwurf kann hier bei Hebezeug- und Förderanlagen zu katastrophalen Folgen führen.

Der Phasenausfall stellt einen extremen Asymmetriefehler zwischen den Leiterspannungen des Netzes dar. Netzasymmetrien von etwa 10 % bei einer Dauer von mehr als 5 s, wie sie beispielsweise durch asymmetrische Belastung der drei Phasen hervorgerufen werden, können die Isolationsalterung der Wicklungen beschleunigen. Vor derartigen Netzfehlern ist der Motor zu schützen. Dagegen sind transiente Netzasymmetrien zwischen den Leiterspannungen von 10 bis 20 % bei einer Dauer von weniger als 5 s, wie sie beim Einschalten oder Umsteuern der Motoren auftreten, thermisch unkritisch für die Wicklungsisolation. Diese Fehler gehören zum normalen Betriebsregime der Motoren und sind in der projektierten Lebensdauer enthalten.

Ein weiterer Netzfehler, der vor allem bei Neuinstallation und Reparatur von Anlagen auftreten kann, ist die falsche Phasenfolge mit entsprechend falscher Drehrichtung der Motoren.

Für den genannten Problemkreis wurde das Schutzrelais UP 10 entwickelt.

1. Verwendung

Das Schutzrelais reagiert auf folgende anomale Betriebszustände:

- — Übertemperaturen in Verbindung mit PTC-Thermistoren
- — Amplituden- und Phasenwinkelabweichungen einer Leiterspannung des Drehstromnetzes gegenüber den anderen beiden Leiterspannungen
- — falsche Phasenfolge der Leiterspannungen im Drehstromnetz.

Das Schutzrelais kann mit oder ohne Wiedereinschaltsperre betrieben werden. Aus den erwähnten Schutzmöglichkeiten können folgende Anwendungsgebiete abgeleitet werden:

- — Überwachung anderer thermisch beanspruchter Maschinen, Bauteile und Medien (z. B. Generatoren, Transformatoren, Maschinenlager, Schaltschränke, Flüssigkeiten)
- — Überwachung der Netzasymmetrie an Drehstrommaschinen (Generatoren, Transformatoren, Motoren — speziell läuferkritische Motoren)
- — Überwachung von Phasenausfällen, hervorgerufen durch Sicherungsausfall, Leiterbruch bzw. gelockerte Schraub- oder Klemmverbindungen, Kontaktunterbrechungen vorgeordneter Schaltgeräte (z. B. einzelangetriebene Vakuumschütze)
- — kombinierte Phasenausfall- und Phasenfolgeüberwachung für nichtstationäre Anlagen (z. B. Förderanlagen, Waggons).

Zur Überwachung von Phasenausfällen bei untersynchronen Senkbremsschaltungen im Kranbau ist das Schutzrelais UP 10 nicht einsetzbar. Diese Schaltungsart erzeugt naturgemäß hohe Asymmetrien, die aber durch das Schutzrelais UP 10 vom echten Phasenausfall nicht mehr unterschieden werden können.

Dr.-Ing. *Günter Eckardt* war Gruppenleiter im VEB Kombinat Elektro-Apparate-Werke Berlin Treptow und ist jetzt wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Mechanik der AdW der DDR.

Bild 1
Blockschaltbild des Schutzrelais UP 10

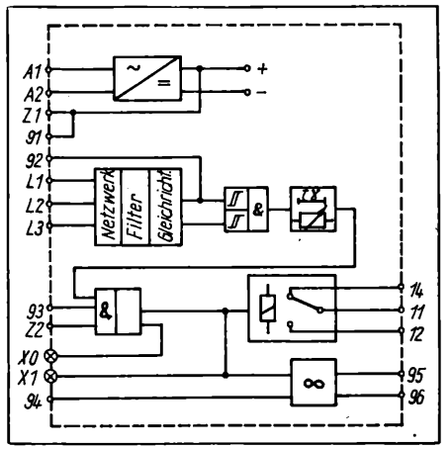
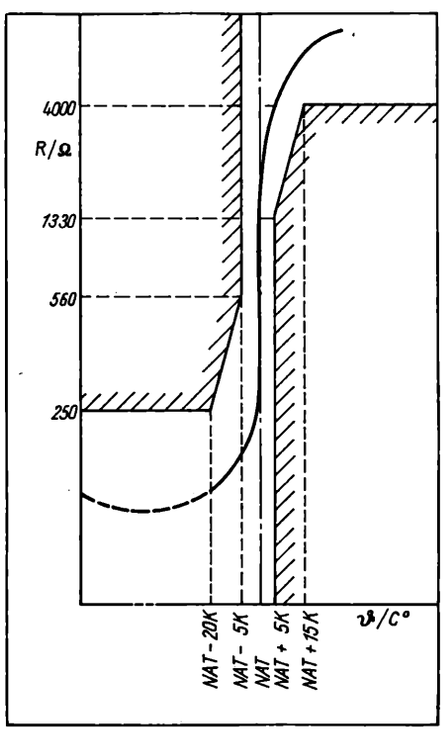


Bild 2
Kennlinie eines PTC-Thermistors nach TGL 24767



2. Funktionsweise

Das Blockschaltbild des Schutzrelais UP 10 ist im Bild 1 dargestellt. Hierbei sind die wesentlichsten Baugruppen das spannungsmessende Netzwerk und die digitale Auslöseschaltung.

2.1. Netzwerk

Zur Messung der Asymmetrie, des Phasenausfalls und der Phasenfolge wurde ein spannungsmessendes Netzwerk nach [1] verwendet. Das Spannungsmeßprinzip hat gegenüber dem Strommeßprinzip den Vorteil, daß keine Stromwandler benötigt werden. Das Netzwerk wird eingangsseitig über die Klemmen L1, L2, L3 an das Dreh-

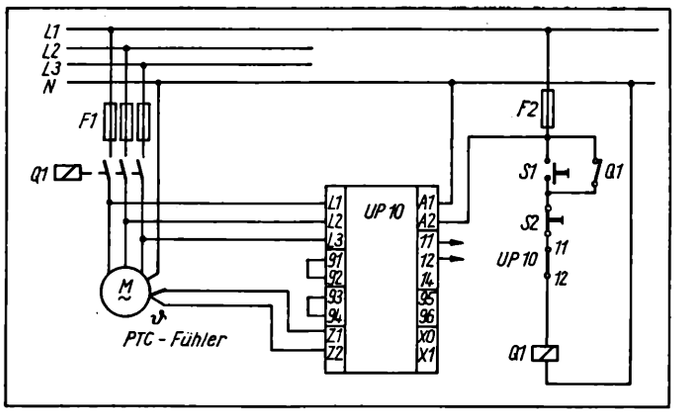


Bild 3. Verwendung des Schutzrelais UP 10 in einer Selbsthalteschaltung

stromnetz angeschlossen. Ausgangsseitig liefert das Netzwerk zwei Meßsignale, die über Netzfilter und Gleichrichter der digitalen Auslöseschaltung zugeführt werden. Sind die Klemmen 91 und 92 durch eine Drahtbrücke miteinander verbunden, ist das Schutzrelais für Umkehrantriebe verwendbar. In diesem Fall können jedoch nicht mehr Phasenfolgefehler registriert werden.

2.2. Auslöseschaltung

Die digitale Auslöseschaltung umfaßt Logik, Zeitverzögerung, Flipflop, Auslöserelais und Optokoppler.

Die beiden gleichgerichteten Meßsignale des Netzwerkes werden in der Auslöseschaltung mit einem festen Asymmetrieschwellwert verglichen, danach logisch miteinander verknüpft und setzen im Fehlerfall nach einer wählbaren Zeitverzögerung das Flipflop. Dadurch löst das sich in Ruhestromschaltung befindende Auslöserelais aus. Transiente Asymmetrien, die den Verbraucher nicht gefährden, führen bei entsprechender Einstellung der Zeitverzögerung nicht zur Auslösung.

Wird die Drahtbrücke zwischen den Klemmen Z1, Z2, durch 1 bis 6 in Reihe geschaltete PTC-Thermistoren ersetzt, dann kann das Schutzrelais UP10 zur Überwachung von Grenztemperaturen verwendet werden. Hierbei dürfen der Kaltwiderstand und Leitungswiderstand der maximal 6 PTC-Thermistoren zusammen nicht 1,5 kΩ überschreiten. Der Auslöseschwellwert für die Nennansprechtemperatur (NAT) der PTC-Thermistoren ist so festgelegt, daß der Schwellwert nach TGL 24767 und DIN 44081 eingehalten wird (Bild 2). Nach Abkühlung auf einer Temperatur unterhalb der genannten Normwerte ist die Auslösebereitschaft des Schutzrelais entsprechend des gewählten Betriebsregimes — mit oder ohne Wiedereinschaltsperre — erneut herstellbar. Die Wiedereinschaltsperre ist wirksam, sofern die Klemmen 93 und 94 überbrückt sind. Nach Fehlerbehebung kann das Schutzrelais UP10 nur dann erneut in Auslösebereitschaft gebracht werden, nachdem die Betriebsspannung des Netzteiles an den Klemmen A1, A2 für kurze Zeit (etwa 1 s) unterbrochen wurde. Bei fehlender Brücke zwischen den Klemmen 93 und 94 ist die Wiedereinschaltsperre unwirksam. In diesem Fall erlangt das Schutzrelais UP10 nach der Fehlerbehebung automatisch den Zustand der Auslösebereitschaft. Das Auslöserelais hat einen Wechsler und ist mit den Klemmen 11, 12, 14 verbunden. In Reihe zum Auslöserelais befindet sich ein Optokoppler, der als elektronikkompatibler Wechsel- und Gleichstromschalter zwischen den Klemmen 95 und 96 wirkt.

Bei Auslösung des Schutzrelais UP10 brennt die rote Leuchtdiode X0 und die grüne Leuchtdiode X1 verlischt. Mit der Leuchtdiode X1 wird nicht nur die Auslösebereitschaft des Schutzrelais UP10 angezeigt, sondern auch die Ruhestromschaltung mit Auslöserelais und Optokoppler überwacht.

2.3. Aufbau

Das Schutzrelais UP10 enthält in einem modernen Isolierstoffgehäuse G75 auf drei Leiterplatten alle elektronischen Bauelemente. Auf der Frontseite sind sämtliche Klemmen eindeutig beschriftet, so daß mit Klemmenprogrammierung die erforderliche Betriebsart leicht eingestellt werden kann.

Die Schraubenklemmenausführung ermöglicht einen Leitungsanschluß von 2,5 mm². Eine Schnellbefestigung auf einer Hutschiene und Schraubbefestigungen mit zwei M4-Schrauben sind ohne Gehäuseänderung und Zusatzbauteile wahlweise möglich.

3. Technische Daten

Nennspannung U_N	220 V, 380 V, (660 V)
Toleranzen der Nennspannung	0,85 bis 1,1 U_N
Netzfrequenz	48 bis 52 Hz
Eingangswiderstand	500 kΩ
Betriebsspannung U_B	AC: 220 V DC: 24 V
Leistungsaufnahme	max. 1 VA
Schwellwert der Netzasymmetrie	etwa 8 %
Auslöseverzögerung t_v	0,13 bis 10 s
optische Anzeige	grün ≙ Auslösebereitschaft rot ≙ Auslösung
Klemmenprogrammierung	— wahlweiser Betrieb mit oder ohne Wiedereinschaltsperre Klemmen 93 — 94 brücken — mit oder ohne Phasenfolgeschutz Klemmen 91 — 92 brücken — mit oder ohne Temperaturschutz Klemmen Z1 — Z2 brücken
Auslösebreitschaft herstellen	Betriebsspannung U_B an Klemmen A1 — A2 zuschalten
Umgebungstemperatur	— 25 bis + 60 °C
Schutzgrad	Gerät: IP 40 Klemmen: IP 20
Anzahl der Temperaturfühler	1 bis 6
Art der Temperaturfühler	PTC — Thermistoren (Kaltleiter) nach TGL 24761, DIN 44081
Auslösung der Temperaturfühler	2,4 kΩ ± 0,3 kΩ
Relaisausgänge:	
Schaltglieder	1 Wechsler
Schaltspannung	max. 250 V, DC min. 12 V, DC
Schaltstrom	max. 2,5 A min. 0,1 A bei 12 V
thermischer Dauerstrom	4 A
Schaltvermögen	AC 11: 2,5 A/220 V DC 11: 30 W/24 bis 200 V, bei L/R = 15 ms
elektrische Lebensdauer	AC 11: 2×10^5 Schaltungen DC 11: 3×10^3 Schaltungen
elektronikkompatibler Schalter	
Ausführung	Optokoppler
Belastbarkeit	2 bis 60 V, DC 2 bis 42 V, AC
Schaltstrom	max. 70 mA

4. Ausführungsbeispiel

Im Bild 3 ist das Schutzrelais UP10 mit Wiedereinschaltsperre in einer Selbsthalteschaltung eingesetzt. Überwacht wird Netzasymmetrie, Phasenausfall, Phasenfolge und die Ständertemperatur des Motors.

5. Zusammenfassung

An die Klemmen 91 und 92 sind auch Schaltsignale von Initiatoren anderer zu überwachender physikalischer Größen bzw. Steuersignale entsprechender Prozeßrechentechnik einkoppelbar. Zwischen dem Schutzrelais UP10 und der Prozeßrechentechnik ist jedoch eine galvanische Trennung mit Optokopplern erforderlich.

Die Unterlagen des Schutzrelais UP10 werden zur Nachnutzung im Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin Treptow, Zentrum für Forschung und Technologie, Abt. WTN, 1055 Berlin, Storkower Str. 101 angeboten. Über die gleiche Adresse kann auch eine geringe Stückzahl der Schutzrelais direkt erworben werden.

Literatur

[1] DD; WP 238118; Int. Cl.: G 01 R 29/16. Passives Netzwerk für Drehstromverbraucher zur Bildung eines Fehlersignals. *F. Hullmann; G. Eckardt; B. Ullmann; K. Liegmann.*

EA 5851

Meßeinrichtung zur Fehlerstrombestimmung von Schutzstromwandlern bei Kurzschlußstrombeanspruchung

M. Welschinger, KDT; H. Pliet, KDT; Berlin

Die moderne Schutztechnik in Hochspannungsübertragungsnetzen benötigt u. a. die exakte Strommessung bis in den Bereich transienter Kurzschlußströme. Die für diese Aufgabe entwickelten speziellen Stromwandler der Klassen TPX und TPY [1] mit einem maximal zulässigen Fehler von 5 % bzw. 7,5 % müssen auf ihrer Sekundärseite im Bereich transienter Kurzschlußströme bei voller Stromasymmetrie und kurz aufeinander folgenden Schaltzyklen von Leistungsschaltern (z. B. AWE) ein genaues Abbild des Primärstromverlaufs garantieren. Diese Genauigkeit wird durch Überdimensionierung ihres Eisenkerns oder durch Einfügung von Luftspalten in den magnetischen Kreis erreicht.

1. Direkte Prüfung von Schutzstromwandlern

Die direkte Prüfung von Schutzstromwandlern nach dem IEC-Dokument 38 (Sekretariat) 76 [1] umfaßt

— die Messung des Maximalwertes des Fehlerstroms i_ε
— die Messung des sekundären Spannungsintegrals zur Bestimmung des Konstruktionsfaktors F_c als Maß für den Streufluß dieser Konstruktion.

Die direkten Prüfungen sind bei Nennfrequenz mit sekundärer Nennbürde durchzuführen. Dabei ist die Wechselstromkomponente des Fehlerstroms bei symmetrischem Primärkurzschlußstrom und der Scheitelwert des Fehlerstroms bei voller Asymmetrie des primären Kurzschlußstroms zu messen. Die Zeitkonstante des primären Kurzschlußstroms kann bis $\geqq 80$ ms festgelegt werden und soll nicht mehr als 10 % vom festgelegten Wert abweichen. Die Dauer des Kurzschlußstromes wird zur Simulierung der Bedingungen eines AWE-Zyklus in elektrischen Energieanlagen mit Hilfe des Schaltzyklus C-0-C-0 variiert. Dabei muß die Einschaltung (C) zweimal mit voller Asymmetrie erfolgen. Diese Prüfbedingungen resultieren aus der direkten Abhängigkeit des Betrags des Fehlerstroms von der primären und sekundären Zeitkonstante der Prüfanordnung, von der Stromstärke, der Pausenzeit zwischen den Schaltzyklen und vom Betrag des Bürdenwiderstandes.
Bild 1 zeigt den primären Kurzschlußstromverlauf und die Methode zur Bestimmung der primären Zeitkonstante

$$\tau_p = \frac{-t_x}{\ln\left(\frac{2\,a_x}{a_x + b_x} - 1\right)}. \qquad (1)$$

Bild 2 gibt die Möglichkeiten zur Auswertung des Fehlerstroms an.

1.1. Messung des Fehlerstroms mit Bezugsstromwandler bzw. Shuntwiderständen

Das o. g. IEC-Dokument bietet zwei Verfahren für die Fehlerstrommessung an Schutzstromwandlern an:
Für das Verfahren nach Bild 3a) benötigt man zur Messung des Fehlerstroms einen präzisen Bezugsstromwandler N, der primärseitig in den Prüfkreis für den zu prüfenden Schutzstromwandler X eingeschaltet ist. Die Sekundärwicklungen beider Stromwandler sind gegeneinander geschaltet, so daß der Fehlerstrom dem Differenzsignal der beiden Shuntwiderstände Sh1 und Sh2 entspricht und somit gemäß der für die Sekundärseite modifizierten Fehlergleichung für Stromwandler:

$$i_\varepsilon = i_{sX} - i_{sN} = i_{sX} - K_{nN}^{-1} \cdot i_p,$$

$$i_\varepsilon = i_{sX} - K_{nX}^{-1} \cdot i_p, \qquad \text{für } K_{nN} = K_{nX}, \qquad (2)$$

Dipl.-Ing. *Manfred Welschinger* ist Fachgebietsleiter Messen und Steuern, Dipl.-Ing. *Horst Pliet* Abteilungsleiter Prüftechnik im Hochspannungs-Hochleistungsprüffeld des IPH Berlin.

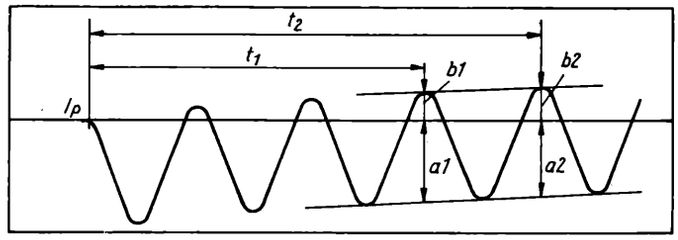


Bild 1. Bestimmung der Zeitkonstante des Primärstroms

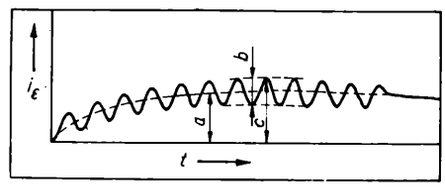


Bild 2. Auswertung des Fehlerstroms aus dem Oszillogramm

für TPX und TPY: $t_\varepsilon = c$ mit $c = a + \frac{b}{2}$

für TPZ: $t_\varepsilon = \frac{b}{2}$

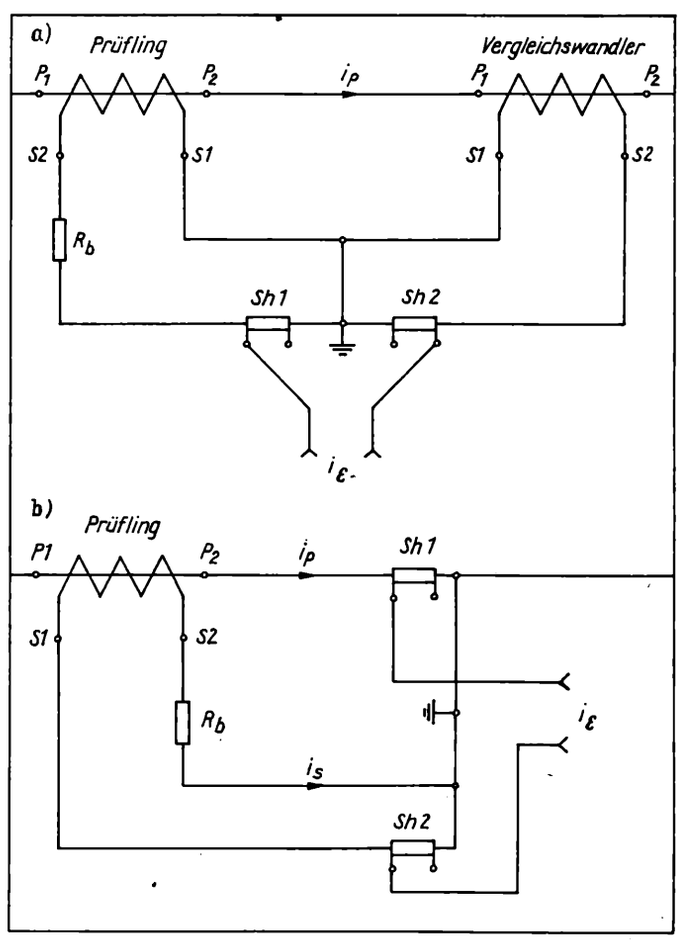


Bild 3. Prüfverfahren zur Bestimmung des Fehlerstroms
a) unter Verwendung eines Bezugsstromwandlers;
b) unter Verwendung von Shuntwiderständen

i_ε	Fehlerstrom	K_n	Nennübersetzung
i_s	Sekundärstrom	Index X	Prüfling
i_p	Primärstrom	Index N	Bezugsstromwandler,

der Fehlerstrom gemessen werden kann.
Dieses Verfahren ist jedoch mit einigen Problemen behaftet. Für Schutzstromwandler mit den unterschiedlichsten Nennübersetzungen und Nennkurzschlußströmen muß der Bezugsstromwandler stets der Klassengenauigkeit 0,1 entsprechen. Das bedeutet aber, daß der Bezugsstromwandler einen hohen Remanenzfaktor, geringen Streufluß und eine Sekundärzeitkonstante haben muß, die das

10fache der Sekundärzeitkonstante des zu prüfenden Stromwandlers betragen soll. Abweichungen der Nennübersetzung des Bezugsstromwandlers von der des zu prüfenden Wandlers können im Sekundärkreis mit präzise einzustellenden Spannungsteilern kompensiert werden. Darüber hinaus ist je nach Typ des Bezugsstromwandlers eine Kernentmagnetisierung vor jedem Versuch notwendig.
Das Prüfverfahren nach Bild 3b) schreibt für die Fehlerstrommessung im Primär- und Sekundärkreis des zu prüfenden Stromwandlers je einen Shuntwiderstand (Sh1, Sh2) vor, deren Signaldifferenz dem Fehlerstrom entspricht. Mit der Vorgabe, daß das Verhältnis der Beträge beider Shuntwiderstände exakt dem Nennübersetzungsverhältnis des Prüflings entspricht, also

$$\frac{R_{\mathrm{Sh}\,2}}{R_{\mathrm{Sh}\,1}} = K_{\mathrm{n}},$$

ergibt sich der Fehlerstrom zu

$$i_{\varepsilon} = i_{\mathrm{s}} - \frac{R_{\mathrm{Sh}\,1}}{R_{\mathrm{Sh}\,2}} i_{\mathrm{p}}. \tag{3}$$

Die Anwendung dieses Verfahrens ist ebenfalls problematisch, da
- im Hochleistungslaboratorium ein Sortiment hochpräziser Shuntwiderstandspaare für alle genormten Wandlerübersetzungen und Kurzschlußströme vorhanden sein muß
- der Shuntwiderstand im Hinblick auf die vorgeschriebenen großen Zeitkonstanten des primären Kurzschlußstromes sehr gering sein muß
- kleine Shuntwiderstände ungünstig den Signal-Störabstand und die Meßgenauigkeit beeinflussen
- die Fertigung hochpräziser induktivitätsarmer Shuntwiderstandspaare schwierig und kostenaufwendig ist.

1.2. Fehlerstrommessung mit Shunts und Anpaßverstärkern

Nach dem vorgeschlagenen und im Hochleistungslaboratorium angewandten Fehlerstrommeßverfahren ist im Primär- und Sekundärkreis des zu prüfenden Stromwandlers ein Shuntwiderstand angeordnet (Bild 4). Diese sehr induktivitätsarm und in koaxialer Bauweise gefertigten Shuntwiderstände haben eine hohe Übertragungsbandbreite. An den Signalausgängen beider Shuntwiderstände sind zwei Verstärker IS1 und IS2 angeschlossen, deren exakt einzustellende Verstärkungsfaktoren sich aus nachstehenden Beziehungen ergeben:
Mit der auf die Sekundärseite bezogenen Fehlergleichung des Stromwandlers

$$i_{\varepsilon} = i_{\mathrm{s}} - K_{\mathrm{n}}^{-1} \cdot i_{\mathrm{p}}$$

und der Annahme, daß der Fehlerstrombetrag des zu prüfenden Stromwandlers $|Fi| = 0$ ist, gilt für die Verstärkungsfaktoren

$$i_{\mathrm{p}} \cdot R_{\mathrm{Sh}\,1} \cdot V1 = i_{\mathrm{s}} \cdot R_{\mathrm{Sh}\,2} \cdot V2. \tag{4}$$

$V1$ Verstärkungsfaktor Eingangsverstärker Primärstromsignal,
$V2$ Verstärkungsfaktor Eingangsverstärker Sekundärsignal.

Der mit diesem Verfahren zu bestimmende Fehlerstrom ergibt sich nach Differenzbildung der verstärkten Primär- und Sekundärstromsignale durch den Differenzverstärker IS5 mit einem Verstärkungsfaktor 1 zu

$$i_{\varepsilon} = i_{\mathrm{s}} - \frac{R_{\mathrm{Sh}\,1} \cdot V1}{R_{\mathrm{Sh}\,2} \cdot V2} i_{\mathrm{p}}. \tag{5}$$

Zur Erhöhung der Gesamtempfindlichkeit dieser Meßanordnung und zur optimalen Anpassung und Aussteuerung verwendeter

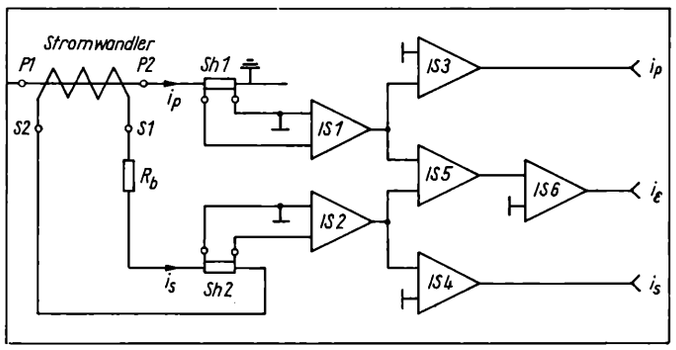


Bild 4. Fehlerstrommeßverfahren im IPH

Registriergeräte ist dem Differenzverstärker ein Endverstärker IS6 nachgeschaltet.
Die Vorteile dieses Verfahrens enthalten
- die Möglichkeit der einfachen Anpassung der Meßanordnung an alle Prüffälle für Stromwandler mit im Prüffeld bereits vorhandenen Shuntwiderständen wegen der über mehrere Dekaden reichenden Einstellbarkeit der Verstärkungsfaktoren der beiden Eingangsverstärker
- die Auswahlmöglichkeit der Shuntwiderstände ausschließlich nach ihrer thermischen Belastbarkeit und im Hinblick auf die Erreichbarkeit großer Zeitkonstanten im Primärstromkreis
- die Realisierung eines hohen Signal-Störabstandes und hoher Bandbreite bei der Meßsignalübertragung zum Registriergerät.

Die Auswertekonstante für den Fehlerstrom aus Oszillogrammen ergibt sich mit Hilfe von (2) und (3) unter Elimination des Primärstromes und des Shuntwiderstandes $R_{\mathrm{Sh}\,1}$ aus (3) zu

$$\hat{k}_{i_\varepsilon} = \frac{AF1}{R_{\mathrm{Sh}\,2} \cdot V2 \cdot V3 \cdot V4} \tag{6}$$

in A/mm. Für die Primär- und Sekundärstromauswertekonstanten gilt analog

$$\hat{k}_{i_{\mathrm{p}}} = \frac{AF1}{R_{\mathrm{Sh}\,1} \cdot V1}, \tag{7}$$

$$\hat{k}_{i_{\mathrm{s}}} = \frac{AF1}{R_{\mathrm{Sh}\,2} \cdot V2}. \tag{8}$$

$\hat{k}_{i_\varepsilon}$ Scheitelwertkonstante Fehlerstrom
$\hat{k}_{i_{\mathrm{p}}}$ Scheitelwertkonstante Primärstrom in A/mm
$\hat{k}_{i_{\mathrm{s}}}$ Scheitelwertkonstante Sekundärstrom in A/mm
$AF1$ Ablenkfaktor Registriergerät
$V3$ Verstärkungsfaktor Differenzverstärker
$V4$ Verstärkungsfaktor Endverstärker

1.3. Messung des sekundären Spannungsintegrals

Zur Bestimmung des Konstruktionsfaktors F_{c} des zu prüfenden Stromwandlers ist nach [1] der Effektivwert der EMK $V(t)$ als Äquivalent für die Sekundärgrenz-EMK E_{al} zu ermitteln. Hierzu wird mit Hilfe der als Flußmesserspule dienenden Sekundärwicklung des Stromwandlers der Fluß in seinem Kern gemessen, indem an den Bürdenwiderstand des zu prüfenden Stromwandlers ein passiver oder aktiver Integrator angeschlossen wird. Nach [1] gilt

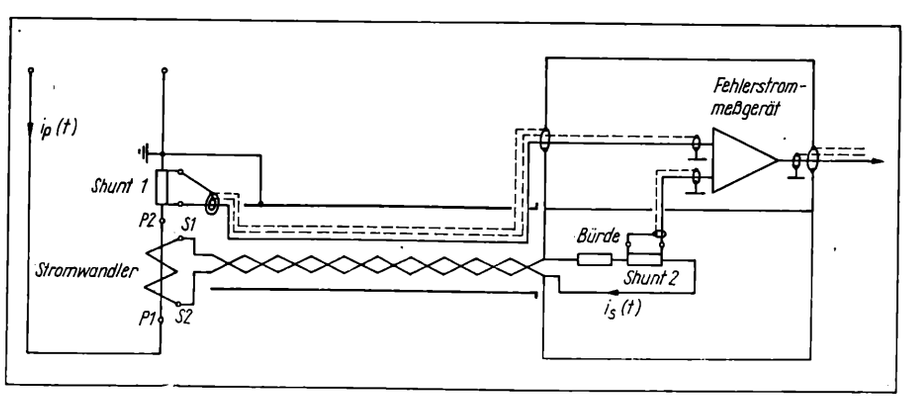


Bild 5. Meßaufbau nach EMV-technischen Aspekten

dann

$$\Phi(t) = \frac{R_{ct} + R_b}{R_b} \frac{1}{w2} \int_0^t R_b \, i_s \, dt . \tag{9}$$

$\Phi(t)$ Kernfluß
R_{ct} sekundärer Wicklungswiderstand
R_b Bürdenwiderstand
$w2$ Sekundärwindungszahl

und für die EMK

$$V(t) = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \frac{R_{ct} + R_b}{R_b} \int_0^t R_b \, i_s \, dt . \tag{10}$$

Unter Verwendung eines passiven Integrators gilt dann für den Kernfluß

$$\Phi = -\frac{1}{w2} \frac{R_{ct} + R_b}{R_b} R C u_c . \tag{11}$$

R Integratorwiderstand
C Integratorkapazität
u_c Ausgangsspannung des Integrators

und für den Maximalwert der EMK

$$v_{max} = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \frac{R_{ct} + R_b}{R_b} R C u_{c\,max} . \tag{12}$$

2. Fehlerstrommeßgerät

2.1. Aufbau und Wirkungsweise

Das Fehlerstrommeßgerät nach Bild 4 ist in EGS[1])-Technik in einem Plattengehäuse 240 mm × 120 mm × 300 mm aufgebaut. Das Sortiment aktiver Bauelemente besteht aus acht integrierten Schaltungen, die auf Leiterplatten in geschirmten EGS-Einschüben angeordnet sind. Die Einstellung der Verstärkungsfaktoren erfolgt mit auf den Frontplatten angeordneten Einstellreglern bzw. Umschaltern. Die Betriebsspannung für die einzelnen Baugruppen des Fehlerstrommeßgeräts beträgt ±15 V und wird mit Transverter aus einer Primärspannung von 6 V erzeugt (NC-Sammler).
Die Eingangssignale Primärstromsignal i_p und Sekundärstromsignal i_s werden mit IS1 und IS2 so verstärkt, daß die Kanäle für die Aufzeichnung von Primär- und Sekundärstrom des Registriergeräts voll aussteuerbar sind und IS5 am Eingang nicht übersteuert ist (Bild 4). Über IS3 und IS4 werden die Signale i_p und i_s rückwirkungsfrei zur Registrierung ausgekoppelt, während IS5 die Differenz beider Eingangssignale bildet und mit Nachverstärkung durch IS6 das dem Fehlerstrom i_ε proportionale Ausgangssignal bildet.
Der Abgleich der zur Fehlerstrommessung benötigten Verstärkungsfaktoren $V1$ und $V2$ wird vor der Prüfung eines Stromwandlers mit einer Genauigkeit von ≦ 0,1 % durchgeführt.

2.2. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Das Eliminieren von Störsignalen und somit die Realisierung der elektromagnetischen Verträglichkeit gelang mit dem im Bild 5 dargestellten Meßaufbau. Die Koaxialleitung für das Primärstromsignal von Shunt 1 und die verdrillte Cu-Leitung des Sekundärstromes zum Shunt 2 befinden sich in einem zu einer Meßkabine geführten und eingangsseitig am Erdbezugspunkt des Prüfkreises angeschlossenen Metallrohr.
Die Koaxialleitungen von Shunt 1 und Shunt 2 sind an das in einer geschirmten Meßkabine aufgestellte Fehlerstrommeßgerät angeschlossen. Die Meßsignale für Primär-, Sekundär- und Fehlerstrom des zu prüfenden Wandlers gelangen dann über Koaxialleitungen, deren Schirme leitend mit der Meßkabine verbunden sind (Bypaß-Prinzip), auf das Registriergerät.
Mit dieser Anordnung durchgeführte Fehlerstrommessungen zeigten keine Störsignalanteile im Oszillogramm des Fehlerstroms.

2.3. Ergebnisse

Unter Verwendung des Fehlerstrommeßgeräts wurde im Hochleistungslaboratorium des Instituts „Prüffeld für elektrische Hochleistungstechnik" (IPH) ein Schutzstromwandler der Klasse TPY mit Primärströmen bis 50 kA einer direkten Prüfung unterzogen. Bild 6a) zeigt den Primärstrom-, Sekundärstrom-, Fehlerstrom- und Flußverlauf bei einem Primärstrom von 32 kA und sekundärem Abschluß des Wandlers mit Nennbürdenwiderstand während des

[1]) EGS Einheitliches Gefäßsystem

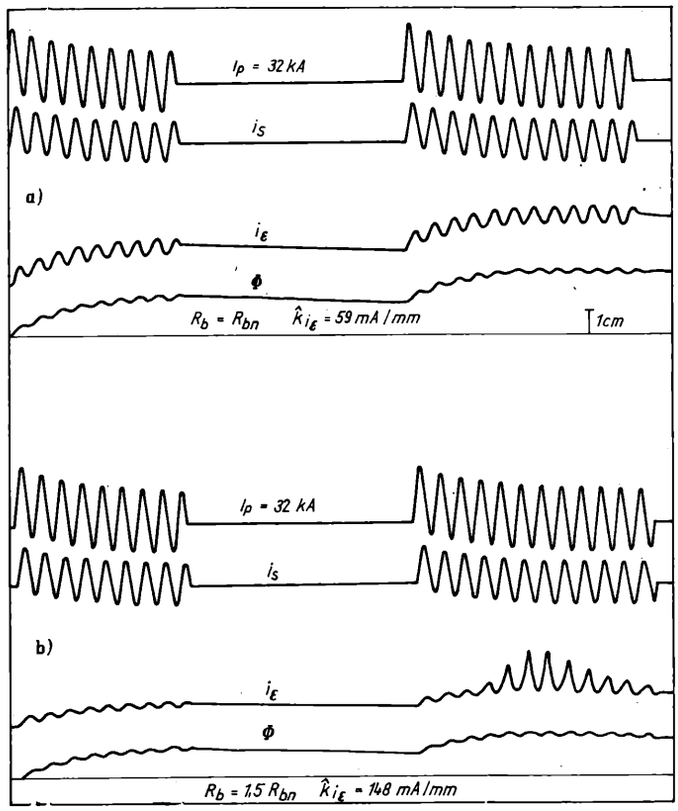


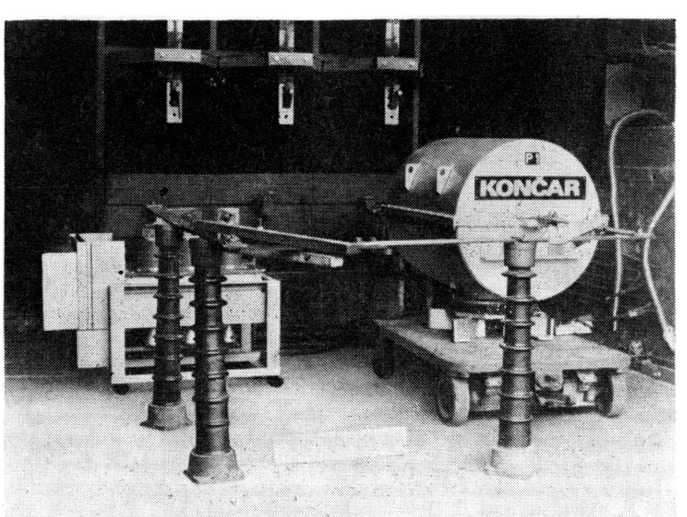
Bild 6. Oszillogramme des Fehlerstrom- und Flußverlaufs während der Prüfung eines Stromwandlers vom Typ TPY
a) sekundärseitiger Abschluß mit Nennbürdenwiderstand; b) sekundärseitiger Abschluß mit 1,5fachem Nennbürdenwiderstand

nach [1] vorgegebenen Schaltzyklus C-0-C-0. Der Ablenkfaktor für den Fehlerstrom beträgt 59 mA/mm.
Bild 6b zeigt die gleichen Signalverläufe bei gleichen Prüfparametern und sekundärem Abschluß des Stromwandlers mit dem 1,5fachen Nennbürdenwiderstand bei einem Ablenkfaktor von 148 mA/mm für den Fehlerstromverlauf. Signalverzerrungen im Fehlerstromverlauf i_ε und der Flußverlauf Φ zeigen deutliche Sättigungserscheinungen im Kern des zu prüfenden Stromwandlers.
Bild 7 zeigt den Prüfaufbau in der Prüfzelle des Hochleistungslaboratoriums im „Institut Prüffeld für elektrische Hochleistungstechnik" zur Fehlerbestimmung an einem Schutzstromwandlermodell der Firma Rade Končar (SFRJ).

3. Schlußbemerkungen

Mit Hilfe des Fehlerstrommeßverfahrens ist das Hochspannungs-Hochleistungsprüffeld des IPH in der Lage, Fehlerstrommessungen an Stromwandlern und insbesondere an Schutzstromwandlern der

Bild 7. Prüfaufbau zur Fehlerstrombestimmung an einem Schutzstromwandler



Teilentladungssonde M 4202 – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten

E. Lemke, KDT; G. Friese, Dresden

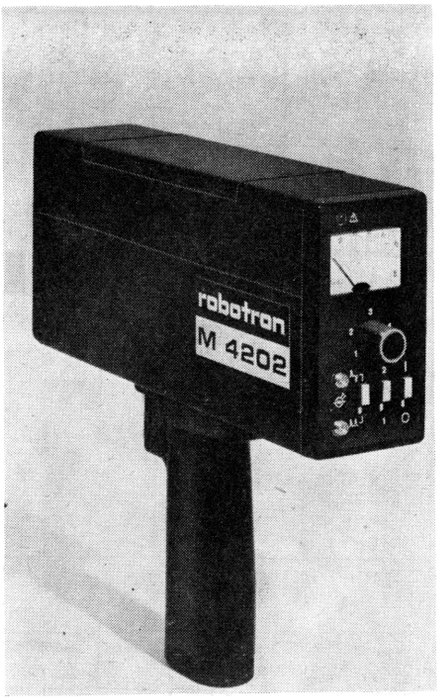
Mitteilung aus dem VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön" Dresden und der Sektion Elektrotechnik der Technischen Universität Dresden

Der Ausfall von Hochspannungsisolierungen wird häufig von Teilentladungs-(TE-)Prozessen eingeleitet. Die rechtzeitige Erkennung und Lokalisierung gefährlicher TE-Fehlerstellen ist daher von grundlegender Bedeutung für die Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit von Hochspannungsausrüstungen. In letzter Zeit wurden deshalb verstärkt Anstrengungen unternommen, um beim Hersteller für elektrotechnische Anlagen und Ausrüstungen erfolgreich praktizierte TE-Meßtechnik auch für die TE-Diagnostik unter Vor-Ort-Bedingungen einzusetzen. Im Hinblick auf die Realisierung einer einfachen Betriebsmeßtechnik gibt es Bestrebungen, neben der klassischen und standardisierten TE-Meßtechnik [1] auch nichtkonventionelle Verfahren einzusetzen. Grundlegende Voraussetzungen dafür wurden durch die Entwicklung der TE-Sonde M 4202 (Bild 1) geschaffen.

1. Problemstellung

Die Realisierung empfindlicher TE-Messungen hängt in erster Linie von der Beherrschung des Störsignalpegels der Umgebung ab. Unter Laborbedingungen werden dazu aufwendig geschirmte Meßkabinen verwendet, Sie sind jedoch für eine TE-Diagnostik unter Vor-Ort-Bedingungen nicht realisierbar, so daß andere Wege zur Eliminierung von Störsignalen gesucht werden müssen. Positive Erfahrungen gibt es sowohl mit Brückenschaltungen, bei denen Störsignale kompensiert werden [2], als auch mit elektronischen Diskriminatorschaltungen, die zeitlich begrenzte Störkomponenten ausblenden [3] [4]. Der Nachteil bisher üblicher TE-Meßkreise besteht darin, daß zur Erfassung der TE-Signale ein hochspannungsfester Koppelkondensator erforderlich ist [1]. Seine Installation erfordert einerseits eine Betriebsunterbrechung, andererseits ist die TE-Messung auf Anlagenteile eingeschränkt, die mit einer entsprechenden Auskoppeleinrichtung versehen sind.
Aufgrund des Hochfrequenzcharakters von TE-Signalen bietet sich natürlich auch die Erfassung des elektromagnetischen Strahlungsfeldes mit Antennen an, so daß eine direkte Kontaktierung zum Hochspannungspol des Prüfobjekts entfallen kann. Derartige Experimente wurden von *Koske* [5] bereits in den 50er Jahren durchgeführt, wobei die Meßfrequenz um 1 MHz lag. Für eine TE-Diagnose unter Vor-Ort-Bedingungen konnte sich dieses Meßverfahren jedoch nicht durchsetzen, da die im allgemeinen sehr starken Störsignale der Umgebung nicht beherrschbar waren.
Ein wesentlich günstigeres Nutz-Störsignal-Verhältnis kann erzielt werden, wenn die Meßfrequenz weit über 1 MHz hinaus ausgedehnt wird und auch noch Frequenzkomponenten von über 100 MHz erfaßt werden [7]. Dieser in der TE-Meßtechnik bisher kaum genutzte physikalische Sachverhalt ist Grundlage der neuentwickelten TE-Meßsonde [9].

Bild 1
TE-Sonde M 4202



2. Aufbau und Wirkungsweise der TE-Sonde

Der gesamte entwickelte Gerätekomplex besteht prinzipiell aus drei Komponenten:

1. der eigentlichen TE-Sonde als zentrale Baugruppe
2. einem Kalibrator und
3. einem Lichtempfänger

sowie diversem Zubehör.

Die Hauptbaugruppen der TE-Sonde sind eine aktive Breitbandantenne sowie eine Verarbeitungs- und Indikationsstufe.
Die Breitbandantenne enthält zur Erfassung der TE-Signale ein Dreielektrodensystem, das hinter einem Meßfenster angeordnet ist. Die Gesamtschaltung ist so konzipiert, daß für Impulse mit Anstiegszeiten im Nanosekunden-Zeitbereich, wie sie für TE-Signale charakteristisch sind, eine maximale Empfindlichkeit vorliegt. Die Verarbeitungs- und Indikationsstufe enthält die Hauptkomponenten üblicher Breitband-TE-Meßgeräte [6] [7] [8], wie Breitbandverstärker, Integrator und Spitzenwertspeicher.
Die empfangenen TE-Signale werden analog mit einem Anzeigeinstrument bewertet. Außerdem erfolgt eine Grobindikation sowohl akustisch, mit Piezophon, als auch optisch durch Lichtemitterdioden.
Sinkt der Ladezustand der zur Spannungsversorgung verwendeten R6-Zellen unter einen bestimmten Wert ab, wird ebenfalls akustisch angezeigt.
Durch den Einsatz des mitgelieferten Lichtempfängers kann eine Signalübertragung mit Lichtwellenleiter erfolgen. An den Lichtempfänger sind periphere Auswertegeräte, z. B. Oszillograf, Schreiber, Transientenspeicher oder Mikrorechner anschließbar. Durch Einsatz der Lichtleittechnik wird einerseits eine zusätzliche Verbesserung des Störsignalabstandes erreicht, und andererseits ist eine Installation der TE-Sonde auf Hochspannungspotential bei Gewährleistung der Signalübertragung möglich. Mit Hilfe des Kalibrators, der nachgebildete TE-Impulse von unterschiedlicher Intensität liefert, kann sowohl die TE-Sonde als auch der komplette Meßkreis kalibriert werden. Durch die geringe Anzahl der Bedienfunktionen ist das Gerät sehr einfach handhabbar. Die tragbare Ausführung und der Batteriebetrieb gewährleisten einen flexiblen Einsatz besonders unter Vor-Ort-Bedingungen.

Prof. Dr. sc. techn. *Eberhard Lemke* ist außerordentlicher Professor an der Technischen Universität Dresden, Sektion Elektrotechnik; Dipl.-Ing. *Gerd Friese* ist Mitarbeiter für Forschung und Entwicklung im VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön" Dresden.

Diese Arbeit entstand im Rahmen eines Forschungsvertrages des VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön" Dresden mit der Technischen Universität Dresden, Sektion Elektrotechnik.

Klassen TPX, TPY und TPZ routinemäßig mit hoher Genauigkeit und störsignalfrei durchzuführen. Im Vergleich zu anderen Meßverfahren mit Bezugsstromwandlern besteht der Vorteil des angewandten Verfahrens in seiner einfachen Anpaßmöglichkeit an alle Prüffälle und Übersetzungsverhältnisse von Stromwandlern mit den bereits im Prüffeld vorhandenen Shuntwiderständen bei gleichbleibend hohem Signal-Störabstand.

Literatur

[1] IEC Dokument 38 (Sekretariat) 78. Supplement to IEC Publikation 185 Chapter N-Additional Regnierements for Protective Current Transformers for transient Performance Classes TPS, TPX, TPY and TPZ

EA 5836

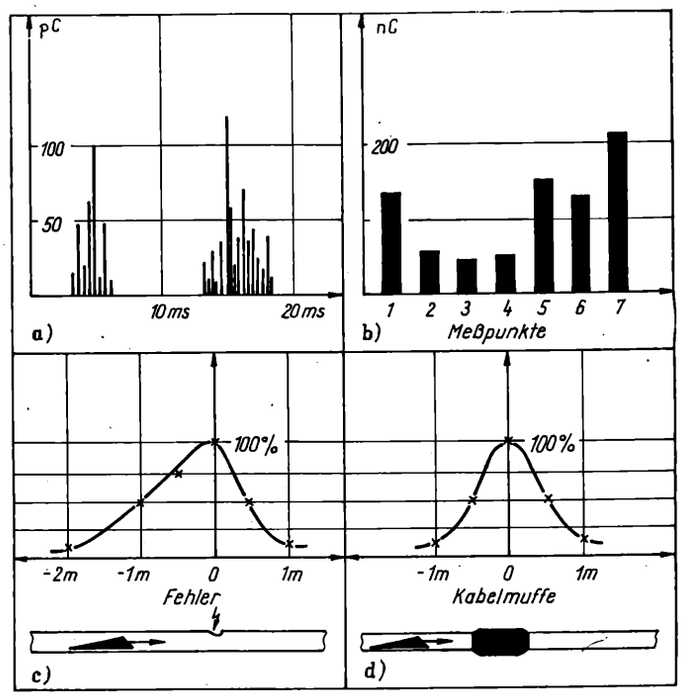


Bild 2

a) TE-Verhalten eines 20-kV-Kabelendverschlusses
b) TE-Pegel am Umfang einer Synchronmaschine
c) Pegelwerte über einen Kabeldurchschlagsfehler bei Einspeisung von Hochspannungsimpulsen
d) Pegelwerte über einer Kabelmuffe bei Einspeisung von Hochspannungsimpulsen

3. Anwendungsmöglichkeiten

Die TE-Sonde wurde speziell für Routine-Messungen im Rahmen der elektrischen Diagnose an Hochspannungsausrüstungen entwickelt, jedoch wird sie auch in der klassischen Kabelfehlerortungstechnik angewendet.

3.1. Detektion von TE-Signalen

Zur TE-Detektion wird das Meßfenster der Sonde auf metallische Anlagenteile gerichtet (z. B. Trafo-Kessel, GIS-Kapselung). Dabei ist eine möglichst enge elektromagnetische Kopplung anzustreben, d. h., der Abstand zum jeweiligen Meßpunkt sollte möglichst gering sein. Praktische Erfahrungen bei zahlreichen Messungen an Transformatoren (einschl. Durchführungen), Generatoren, Motoren, SF_6- und feststoffisolierten Schaltanlagen sowie an verlegten Starkstromkabeln (einschließlich Garnituren) bestätigen die gute Eignung und einfache Handhabung der TE-Sonde. So konnten im Rahmen von Routine-Untersuchungen in Schaltanlagen und Kraftwerken mehrfach Objekte identifiziert werden, die durch starke TE-Prozesse gekennzeichnet waren, so daß eine hohe Durchschlaggefährdung vermutet werden mußte. Sie bestätigte sich bei der anschließenden Außerbetriebnahme und genaueren Inspektion im Reparaturprüffeld.

Der Vorteil dieses Diagnoseverfahrens ist, daß die Messung unter realen Bedingungen bei anliegender Betriebsspannung erfolgen kann, d. h., eine Freischaltung von Anlagenteilen ist nicht erforderlich.

Bild 2a) zeigt das TE-Verhalten eines Kabelendverschlusses eines TE-behafteten 20-kV-Kabels. Der dargestellte Signalverlauf wurde mit einem Transientenspeicher aufgezeichnet und über einen Schreiber ausgegeben. Ein Ergebnis von Sonden-Messungen an einer Synchronmaschine hoher TE-Intensität ist im Bild 2b) dargestellt. In diesem Fall wurde die TE-Sonde an zahlreichen Meßstellen am Umfang der Synchronmaschine aufgelegt. Es ergeben sich z. T. erhebliche Unterschiede in der Verteilung der TE-Signalpegel, woraus sich offenbar auch Möglichkeiten der Eingrenzung des Fehlerortes ergeben.

3.2. Klassische Kabelfehlerortungstechnik

Die TE-Sonde ist nicht nur zur Detektion von TE und Beurteilung ihrer globalen Intensität geeignet, sondern sie kann auch zur Lokalisierung von TE- und Durchschlagfehlern eingesetzt werden. Neben der bekannten Auswertung der Signallaufzeiten ist dazu auch die Intensitätsverteilung der von gestreckten Objekten abgestrahlten Signale nutzbar. Durch periodisches Einspeisen von Hochspannungsimpulsen werden Funkenentladungen in der Durchschlagstelle gezündet. Der daraus resultierende Signalpegel längs eines Hochspannungskabels kann mit Hilfe der TE-Sonde aufgenommen werden. Damit ist es möglich, Defekte in der Kabelisolation, in Muffen und direkte Kabelfehler deutlich zu erkennen. Trägt man alle aufgenommenen Pegelwerte längs des Weges über einem Fehlerkabel auf, ergibt sich ein relativ langsames Ansteigen bis zum Durchschlagfehler und danach ein starker Abfall (Bild 2c). Demgegenüber steigen und fallen die Pegelwerte vor und nach einer Kabelmuffe gleichartig. Bei Beachtung dieser Charakteristika ist der Fehlerort eines Durchschlages feststellbar und kann deutlich mit einer Unsicherheit von weniger als 1 m eingegrenzt werden.

Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß der Einsatz der TE-Sonde bei der Feststellung von Fehlern in Mittel- und Niederspannungsnetzen besonders vorteilhaft ist. Durch die relativ geringe Amplitude der eingespeisten Hochspannungsimpulse zum Zünden von Durchschlagsfunken an der Fehlerstelle ist die im hörbaren Bereich liegende Schallemission so gering, daß mit den bisher üblichen klassischen akustischen Feinortungsmethoden der Kabelfehler nicht mehr ortbar ist. Dagegen wird das elektromagnetische Feld des Durchschlagfunkens von der TE-Sonde aufgenommen und angezeigt. Praktische Untersuchungen ergaben, daß eine 3- bis 5mal höhere Empfindlichkeit gegenüber der akustischen Feinortung erreicht werden kann, wenn die gleiche eingespeiste Energie zugrunde gelegt wird.

Ebenfalls sehr gute Resultate konnten mit der TE-Sonde bei der Kabelfehlervor- oder Grobortung erzielt werden. Die TE-Sonde, mit einem entsprechenden Dämpfungsvorsatz ausgerüstet, wird direkt an das defekte Hochspannungskabel angeschlossen. Die durch das Zünden eines Durchschlagfunkens erzwungenen Wanderwellen gelangen stark gedämpft an die TE-Sonde, werden entsprechend verarbeitet und mit Lichtwellenleiter zum Lichtempfänger übertragen. Durch angeschlossene Auswertetechnik (Transientenspeicher) können die übertragenen Impulse dargestellt und auf der Grundlage der Auswertung von Impulslaufzeiten der Fehlerort ermittelt werden.

4. Zusammenfassung

Im Hinblick auf ein günstiges Nutz-Störsignal-Verhältnis wurde eine möglichst hohe Meßfrequenz bei der TE-Signalerfassung angestrebt. Dadurch wird die Erfassung des elektromagnetischen Strahlungsfeldes von TE-Quellen mit Sonden-Meßtechnik bei ausreichendem Störabstand möglich.

Die auf dieser Grundlage konzipierte TE-Sonde ist besonders für eine TE-Diagnose unter Betriebsbedingungen im Rahmen von Routine-Messungen geeignet. Durch zahlreiche Messungen an Transformatoren, Generatoren, Motoren und Schaltanlagen konnte der Vorteil der Sondenmeßtechnik gegenüber der klassischen TE-Meßtechnik nachgewiesen werden. Neben der bisher praktizierten periodischen TE-Diagnostik eröffnen sich auch Möglichkeiten einer permanenten Betriebsüberwachung (Monitoring) an Objekten, für die eine extrem hohe Betriebszuverlässigkeit gefordert wird.

Beim Einsatz der TE-Sonde in der klassischen Kabelfehlerortungstechnik kommen ihre Vorteile, besonders bei der punktgenauen Ortung von Durchschlagsfehlern in Mittel- und Niederspannungsnetzen, zur Geltung. Damit konnte eine auf diesem Gebiet bestehende Lücke in der Feinortungstechnik geschlossen werden.

Literatur

[1] Partial discharge measurement. IEC-Publication 270 (1981)
[2] *Zaengl, W.; Klauss, A.:* On-site surveillance of potential transformers by means of PD measurements. CIGRE-Symposium, Wien 1987, Section 700-01
[3] *Black, I. A.:* A pulse discrimination system for discharge detection measurements on equipment operating in a power system. IEEE Diagnostic Testing Conference (1973), paper 1
[4] *Lemke, E.:* Diagnose an elektrotechnischen Betriebsmitteln auf der Grundlage sehr breitbandiger Teilentladungsmessungen. ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 10, S. 387–389
[5] *Koske, B.:* Prüfung der Isolation von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen. Essen: Girardet-Verlag 1951
[6] *Lemke, E.:* A new procedure for PD measurement on polyethylen insulated power cables. 3rd ISH Milan (1979), paper 43.13
[7] *Lemke, E.:* Prinzipien und Geräte der breitbandigen Teilentladungsmessungen. VDE-ETG Fachtagung Eßlingen/BRD 1985, Nr. 4
[8] *Hauschild, W.; Küttner, H.; Tümmler, K.:* Systeme zur breitbandigen Messung von Teilentladungen in Hochspannungsisolierungen. ELEKTRIE, Berlin 35 (1981) 7, S. 353–357
[9] *Lemke, E.:* A new procedure for partial discharge measurements on the basis of an electromagnetical sensor. 5. ISH Braunschweig (1987) p. 41.02

EA 5897

Leipziger Frühjahrsmesse 1988

Erzeugnisse der Elektroindustrie der DDR

VEB Kombinat Elektromaschinenbau

Die elektrische Maschine ist als Antriebsmittel so attraktiv wie vor einem Jahrhundert, und die Anzahl der eingesetzten Maschinen wächst weiter. Immer spezifischer werden die Forderungen an die Antriebstechnik und damit an die Produzenten dieser universellen Antriebsmittel, zu denen der VEB Kombinat Elektromaschinenbau gehört, in dessen 13 Betrieben 30000 Mitarbeiter jährlich rund 10 Millionen elektrische Maschinen im Leistungsbereich zwischen 0,5 und 16 MW fertigen.

Eine so große Leistungsfähigkeit repräsentiert ein ganzes Jahrhundert Erfahrung und Entwicklung, denn vor rund hundert Jahren begann der Bau elektrischer Maschinen von der vornehmlich handwerklichen Einzelfertigung in seine industrielle Phase überzugehen und damit revolutionierend in die weitere Entwicklung der Produktivkräfte einzugreifen.

In Dresden, dem Zentrum des DDR-Elektromaschinenbaus, werden seit dem Ende der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts elektrische Maschinen in großen Stückzahlen gefertigt. Diese nicht nur für die Technikgeschichte bedeutende Tatsache wird 1988 ausgiebig gewürdigt und auch zur Messe in Leipzig verdeutlicht werden. Heute kommen aus dem Dresdner Stammbetrieb des Kombinats, zu dem auch das traditionsreiche Elbtalwerk in Heidenau gehört, Walzenzugmotoren für die Stahl- und eisenverhüttende Industrie, Fahrmotoren und Bahnumformer für den elektrischen Zugbetrieb, Aufzugsmotoren, Wellengeneratoren für den Schiffbau, Haupt- und Hilfsantriebe für den Schienenfahrzeugbau, Gleichstrommaschinen für die Textilindustrie und den Werkzeugmaschinenbau, Hermetikmotoren für Kühlschränke und nicht zuletzt auch attraktive Konsumgüter.

Mit dem Dresdner Elektromaschinenbau sind bahnbrechende Erfindungen untrennbar verbunden, wie die Anwendung des Druckgußverfahrens im Elektromaschinenbau Anfang der 30er Jahre und die Durchsetzung des Prinzips ölarmer Strömungsschalter. Insgesamt mehrere Tausend Patente beweisen Kreativität. Dazu gehören auch solche Leistungen von DDR-Elektromaschinenbauern wie die für Europa erstmalige Entwicklung und vielfache Modifikation von Linearmotoren, das Philipp- oder das Formbandstanzverfahren und ihre vielfach variierte Anwendung.

Zu den bemerkenswertesten Leistungen gehören zweifellos auch die Ausrüstung der ersten Pumpspeicherwerke mit Wasserkraftgeneratoren Ende der 20er Jahre oder der ersten Unterwasserkraftwerke in der Iller kurze Zeit später sowie die Einführung der ersten „Einheitsmotorenreihe" durch das Dresdner Sachsenwerk vor über 50 Jahren.

Die Leistungen des DDR-Elektromaschinenbaus sind gegenwärtig nicht weniger bedeutsam und es fällt nicht schwer, ihm auch eine weitere dynamische Entwicklung vorauszusagen. Deshalb wird die Würdigung der hundertjährigen Tradition bewußt mit dem Blick in die Zukunft verbunden.

Zu den Veranstaltungen, die in Dresden aus diesem Anlaß durchgeführt werden, gehört an erster Stelle eine

• Internationale wissenschaftlich-technische Tagung vom 7. bis 9. Juni 1988 mit rund 40 Vorträgen und einem umfangreichen Exkursions- und Rahmenprogramm.

Erwartet werden Wissenschaftler und Praktiker aus über 20 Ländern. Zu den Teilnehmern gehören u.a. namhafte Experten des Elektromaschinenbaus von den Universitäten in Wien, Budapest, Belgrad, Zagreb, Dresden, Karl-Marx-Stadt, Delfft, Pisa, Neapel, Columbia, Peking, München, Karlsruhe, Berlin (West) sowie weiterer namhafter Universitäten, Hochschulen und

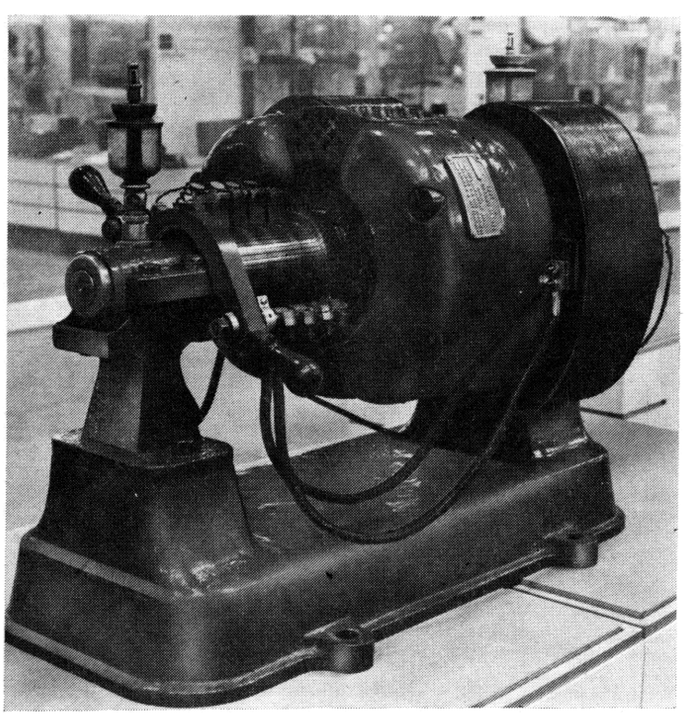


Bild 1
1891 in Dresden gebauter Gleichstrom-Nebenschluß-Generator der Firma O. L. Kummer mit Grammeschem Ringanker

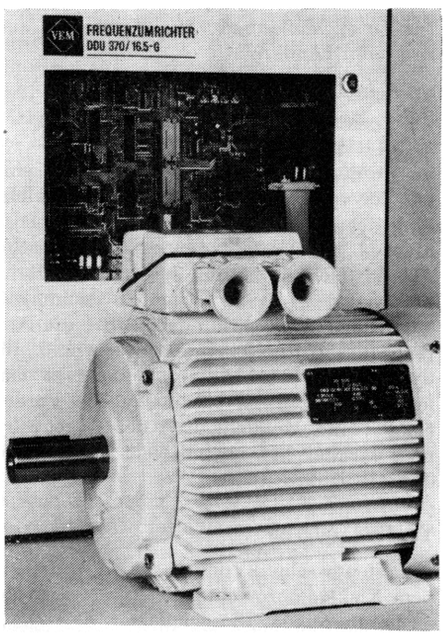


Bild 2. Explosionsgeschützter VEM-Drehstromstandardmotor mit VEM-Frequenzumrichter DDU 370/16,5-G

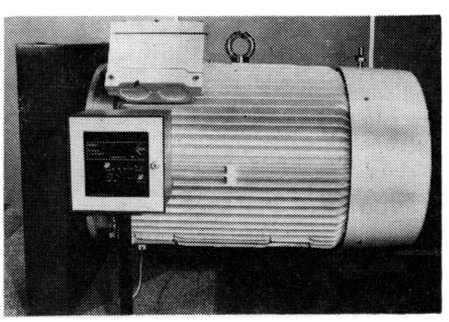


Bild 3. VEM-Drehstromstandardmotor mit Wälzlagerdiagnosegerät

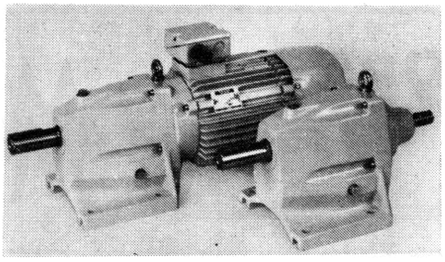


Bild 4. VEM-Getriebemotor

Institute, außerdem IEC Vertreter aus mehreren Ländern.

Sehr empfehlenswert wird auch die

• Repräsentative Ausstellung „ANTRIEBE"

in Dresden, vom 4. bis 19. Juni 1988, sein, mit der versucht wird, die für die Entwicklung der Produktivkräfte und des Lebensniveaus gleichsam bedeutende elektrische Antriebstechnik in den historischen Rahmen von den physikalischen Entdeckungen des frühen 19. Jahrhunderts über die Anfänge der industriellen Fertigung und die dynamische Entwicklung, besonders der letzten Jahrzehnte, bis hin zu den Forderungen und Möglichkeiten der Gegenwart und darüber hinaus bis weit ins nächste Jahrtausend zu stellen.

Tendenz steigend

Angesichts seiner Vorzüge fällt es leicht, dem Elektromotor eine sichere Perspektive zu prophezeihen. Ihn zeichnen

— Leistungsstärke
— Anpassungsfähigkeit
— Energieökonomie
— Umweltfreundlichkeit
— Wartungsarmut
— Elektronikfreundlichkeit

und weitere Vorteile aus. Das gilt auch und vor allem für die VEM-Drehstrom-Asynchronmotoren.

Welche besondere Bedeutung sie haben, verdeutlicht, daß gegenwärtig 50% aller erzeugten elektrischen Energie für ihren Betrieb eingesetzt werden. Sie sind zu wichtigen Komponenten der Mechanisierung und Automatisierung in fast allen technologischen Prozessen geworden und Schwerpunkt für die weitere Verbesserung der Material- und Energieökonomie im Bau und in der Anwendung elektrischer Maschinen. Als universellem und zugleich billigstem elektrischem Antriebsmittel mit einem Wirkungsgrad von 80 bis 95% ist diesem Motor daher und in Anbetracht seiner Wartungsarmut und seiner Robustheit im DDR-Elektromaschinenbau eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden. Im Lauf der letzten drei Jahrzehnte wurden vier Generationen entwickelt und produziert. Die Ergebnisse können sich sehen lassen: Verringerung des Materialeinsatzes um 50 und der Fertigungszeit um etwa 70%.

Die in Leipzig vorgestellten Motoren aus den Elektromotorenwerken Thurm, Wernigerode und Dessau umfassen die Baugrößen 63 bis 400 in Wärmebeständigkeitsklasse F, Schutzgrad IP 54, und sind insbesondere durch

— gute energetische Kennziffern und dadurch günstiges Masse-Leistungs-Verhältnis und kleine Abmessungen
— Projektierungs- und Leistungsreserven
— stabile Graugußkonstruktion
— Geräuschoptimierung
— universelle Einsatzmöglichkeiten

gekennzeichnet. Die ausgereiften Grundreihen sichern eine effektive Produktion und ermöglichen, vor allem wegen des konsequent durchgesetzten Baukastenprinzips, die Ableitung einer Vielzahl von elektrischen oder baulichen Varianten für die jeweiligen Kundenwünsche.

So können sie beispielsweise mit den ebenfalls ausgestellten VEM-Anbaubremsen ausgestattet und dadurch völlig unkompliziert zu Bremsmotoren ausgerüstet werden.

Dort wo Drehzahlen und Drehmomente gefordert werden, die mit Standardmotoren ökonomisch nicht realisierbar sind, bewähren sich VEM-Getriebemotoren, die sich auf Grund ihrer robusten Ausführung, ihrer Zuverlässigkeit, der raumsparenden Bauweise und nicht zuletzt ihres ansprechenden Designs einen guten Ruf erworben haben. Die Grundvarianten sind gleichfalls vielfältig modifizierbar.

Das trifft auch auf die VEM-Einphasen-Standardmotoren zu, von denen ebenfalls Typenvertreter dreier Baureihen vorgestellt werden. Als Alternative zu den vergleichbaren Drehstrom- bzw. Einphasen-Standardmotoren bieten sich in vielen Fällen die neuen Asynchronmotoren mit stranggepreßtem Aluminiumgehäuse der Reihen DKN und EBN in den Achshöhen 63, 71 und 80 mm an. Durch die Fertigung der formschönen Motorengehäuse aus einem Leichtmetallstrangpreßprofil konnte eine wesentliche Verbesserung des Masse-Leistungs-Verhältnisses erreicht werden. Am Motorengehäuse können Anbauteile auf sehr einfache Weise befestigt werden. Da die Oberflächen korrosionsfest und auch gegen Verschmutzung weitgehend unempfindlich sind, kann auf eine Lackierung verzichtet werden.

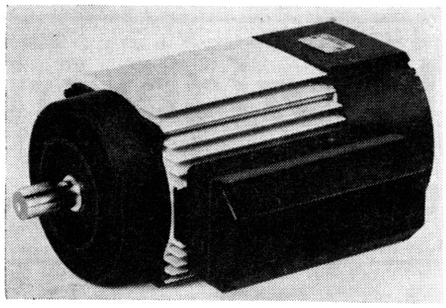


Bild 6. VEM-Asynchronmotor mit stranggepreßtem Aluminiumgehäuse

Energieökonomie durch moderne Elektronik

Die antriebsgerechte Auswahl von Standard- und Getriebemotoren mit Personalcomputern bringt Treffsicherheit, Schnelligkeit und gute material- und energieökonomische Anpassung an den konkreten Anwendungsfall und hilft dem Anwender, die Lebensdauer der mechanischen Übertragungselemente zu überprüfen.

Eine weitere Quelle zur Verbesserung der Energieökonomie kann durch die bessere Auslastung der Niederspannungs-Asynchronmotoren erschlossen werden, die — wie repräsentative Untersuchungen in mehreren Ländern gezeigt haben — durchschnittlich nur zu etwa 60% ihrer Nennleistung belastet werden. Grundlage dafür sind die Vermeidung von Unterlast und die angesichts der hochwertigen Wicklungen vertretbare, gezielte Nutzung der thermischen Überlastungsfähigkeit der Motoren. Die Auswahl des jeweils optimalen Motors mit Hilfe eines Personalcomputers sowie die gewissenhafte Projektierung des gesamten Antriebs führt somit auch zu höherer Energieökonomie.

Es kostet Energie, einen Motor schneller als nötig laufen zu lassen. Dieser Nachteil haftete dem Asynchronmotor scheinbar unvermeidlich an, bevor Leistungs- und Mikroelektronik die Drehzahlstellung und -regelung als entscheidende Voraussetzung für höhere Material-, Energie- und Zeitökonomie möglich machten.

Der VEB Kombinat Elektromaschinenbau fertigt heute für seine Asynchronmotoren in Einphasen- und Drehstromausführung Wechsel- und Drehstromsteller bis zu einer Leistung von 6 kVA und Frequenzumrichter bis zu 10 kVA. Durch Kooperationspartner wird auch der Leistungsbereich 25 bis 100 kVA gesichert.

Die mit modernen elektrischen Bauelementen ausgestatteten Steller ermöglichen eine stufenlose Drehzahlstellung nach dem Prinzip der Phasenanschnittsteuerung und eignen sich vorzugsweise für Arbeitsmaschinen mit quadratisch von der Drehzahl abhängigem Drehmoment, womit vor allem Pumpen, Verdichter und Ventilatoren für ihre Anwendung in Frage kommen. Bei Heizungsumwälzpumpen beispielsweise konnten Energieverbrauchssenkungen bis zu 20% nachgewiesen werden.

Höchsten Ansprüchen an einen drehzahlvariablen Drehstromantrieb entspricht der Frequenzumrichter, mit dem sich die Dreh-

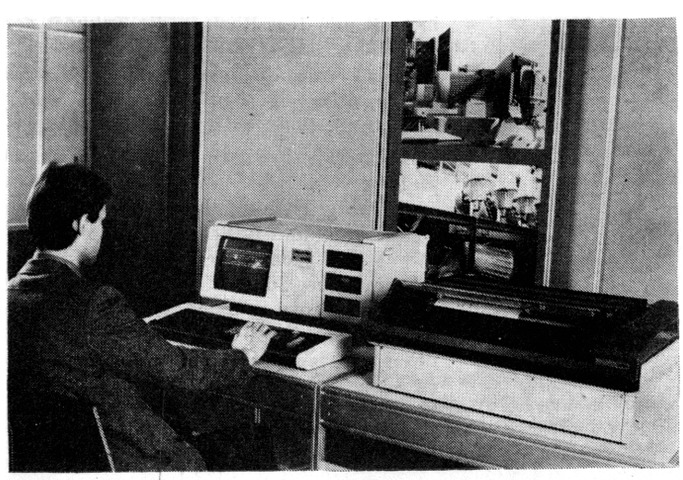


Bild 5
Motorenauswahl und Antriebsprojektierung mit Personalcomputer

zahl optimal an die technologischen Prozesse anpassen läßt und vielfach eine Energieeinsparung bis zu 30% erreichbar ist.
Die VEM-Frequenzumrichter sind anschlußfertige, sofort betriebsbereite Baueinheiten und ergänzen die Standardmotoren auf ideale Weise, da sie

— keine mechanischen Verschleißteile haben
— das sanfte Anfahren der Motoren bei hohem Drehmoment gewährleisten
— es ermöglichen, den Motor über der Nenndrehzahl zu betreiben, wodurch oft kleinere Baugrößen gewählt werden können
— für den Mehrmotorenbetrieb geeignet sind
— den Motor sanft bremsen können und nicht zuletzt
— eine hohe Drehzahlkonstanz sichern.

VEM-Elektromaschinen für zuverlässige Energieerzeugung

Zum Produktionsprogramm des Kombinats gehören auch Erzeugnisse für die zuverlässige Elektroenergieversorgung.
Die neuen Synchrongeneratoren der Reihe „S" sind für den Einsatz in transportablen und stationären Landanlagen sowie für die Stromversorgung von Schiffen und Schienenfahrzeugen vorgesehen. Ihre bürstenlose Ausführung garantiert einen völlig wartungs- und verschleißfreien Betrieb der Erregungseinrichtung. Die mikroelektronische Spannungsregelung sorgt für hohe Spannungskonstanz und gutes dynamisches Verhalten, und die Verwendung eines hochwertigen Isolationssystems der Wärmebeständigkeitsklasse F für die Wicklungen gewährleistet Betriebszuverlässigkeit und lange Lebensdauer. Die Zuschaltung relativ großer Asynchron-Käfigläufermotoren ist problemlos möglich.
Ausgehend von der Standardmotorenreihe KMER/KPER 315 wurden Modifikationen entwickelt, die als Asynchrongeneratoren mit großem Erfolg international eingesetzt werden.

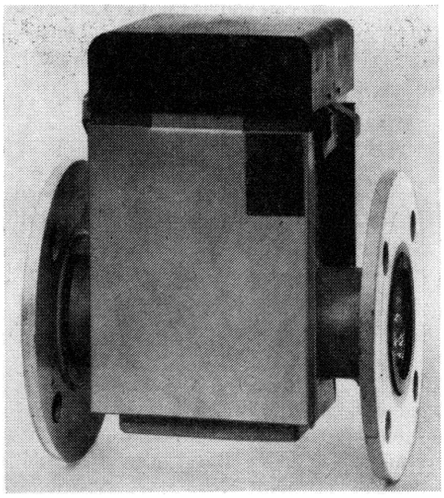


Bild 8. Transformatoren-Überwachungssystem Typ 08

Gleichstrommotor in gehäuseloser Kompaktausführung

Aufbauend auf den guten Erfahrungen mit seinen seit einem Vierteljahrhundert produzierten Walzmotoren für komplette Feinstahl- und Drahtwalzwerke, wurde ein neuer Gleichstrommotor in gehäuseloser Kompaktausführung mit einer Leistung von 1000 kW bei einer Drehzahl von 315 min^{-1} entwickelt. Konzipiert vorwiegend für Walzgerüste in durchlaufenden Walzstraßen, ist er wegen seiner robusten Konstruktion auch für den Einsatz unter solch rauhen Betriebsbedingungen wie in der Zement- und chemischen Industrie bestens geeignet.
Gute dynamische Eigenschaften, große Drehmomentüberlastbarkeit, zuverlässige Effektivwertwelligkeit bis max. 15% bei Stromrichterspeisung und hohe Regeldynamik zeichnen ihn ebenso aus wie der Wegfall der Unterflurbelüftung. Dadurch sind vereinfachte und kostengünstige Aufstellbedingungen durch Verzicht auf Fundamentgruben und Kühlkanäle möglich. Eine vereinfachte Montage und Wartung durch Wälzlagerung in Schildlagern sowie der Einsatz des kunstharzgebundenen Isoliersystems VEMoDUR sind weitere Kennzeichen moderner Konstruktion. Zur Überwachung der Drehzahl und zur Regelung weiterer Vorgänge können Gleichstrom-Drehzahlgeber, Drehzahlbegrenzer und Impulsgeber N-seitig angebaut werden. Für den Einsatz in Walzwerken sind auch die bewährten VEM-Drehstrom-Rollgangmotoren bestimmt, die ungewöhnlich harten elektrischen und mechanischen Anforderungen genügen müssen.

Weitere Spezialantriebe und Geräte

Zum Messeangebot des Kombinats gehören im Jubiläumsjahr weiterhin Elektronikmotoren und Lüfterbausteine für den modernen Gerätebau, elektrohydraulische Betätigungsgeräte sowie ein Wälzlagerdiagnosegerät, mit dem sich anbahnende Schäden durch kontinuierliche Überwachung außergewöhnlich belasteter und besonders wichtiger Motoren frühzeitig erkannt, entsprechende Maßnahmen zu einem für den Produktionsablauf günstigen Zeitpunkt ergriffen und so große Folgeschäden abgewendet werden können.
Nicht weniger bemerkenswert sind auch die neuen Transformatorenüberwachungsgeräte (Buchholz-Relais), für die das Kombinat Alleinhersteller im RGW ist. Eine Reihe von Neuerungen wurden bei diesen Schutzeinrichtungen besonders für flüssigkeitsisolierte Transformatoren aller Leistungsgrößen international erstmals realisiert. Dazu gehören wesentliche Erweiterungen und Verbesserungen der Schutz- und Schalteinrichtungen, die nun auch den Einsatz von Lichtwellenleiterkabeln als Steuerleitung zulassen, die Verkürzung der Ansprechzeit, die Erhöhung der Rüttelunempfindlichkeit und die garantierte Erdbebenfestigkeit, die ihre Anwendung auch in Kernkraftwerken zulassen. Das reichhaltige Sortiment garantiert eine optimale Anpassung; alle Typen können in Ex-Anlagen eingesetzt werden und sind klimafest.

Weltweit präsent — weltweit anerkannt

Elektrische Maschinen mit dem Markenzeichen „VEM" werden heute in mehr als 45 Länder direkt exportiert. Über den Export von Maschinen und Anlagen, nicht nur aus der DDR sondern auch aus allen Abnehmerländern, gelangen sie praktisch in alle Staaten der Erde und bewähren sich unter allen Bedingungen.
Solche Leistungsfähigkeit und internationale Anerkennung erreicht nur, wer Spitzenerzeugnisse unter Anwendung hocheffektiver Verfahren und mit modernen Ausrüstungen herstellt. Dafür sprechen nicht nur die wachsenden Produktions- und Exportzahlen, sondern auch über 100 langfristige Lizenzabkommen mit Lizenznehmern aus aller Welt. Hervorzuheben sind besonders auch die großen Erfahrungen bei der Projektierung von Fertigungsstätten elektrischer Maschinen.
Das Exportprogramm wissenschaftlich-technischer Ergebnisse und zukunftsorientierter Leistungen erstreckt sich von der Ausarbeitung von Studien im Partner-Auftrag über die Projektierung und Errichtung kompletter Produktionsstätten für die Herstellung elektrischer Maschinen bis hin zur Ausbildung und zum Training von Produktions- und Leitungspersonal.

G. Stötzner, Dresden EA 2713

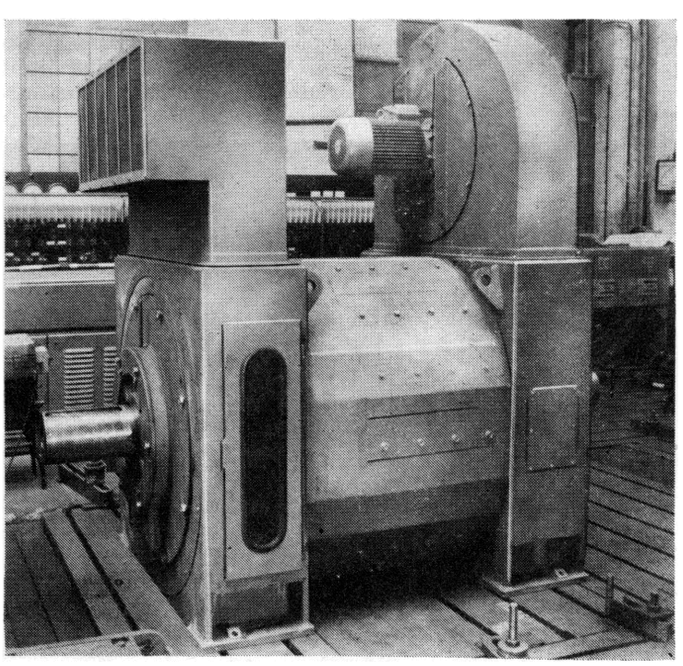


Bild 7
Neuer VEM-Gleichstrom-Walzmotor während der Montage im traditionsreichen Sachsenwerk

Kombinat VEB Kabelwerk Oberspree „Wilhelm Pieck“

Das repräsentative Ausstellungsprofil (Bild 1) des Kombinats umfaßt ein Produktionsprogramm leistungsfähiger Kabelerzeugnisse für alle Anwendungsfälle. Haupteinsatzgebiete sind Energie- und Nachrichtenübertragungs- und -verteilungssysteme, Geräte und Anlagen für die Steuer-, Meß- und Regeltechnik, die Sende- und Empfangstechnik, die elektronische Datenverarbeitung sowie elektrotechnische Geräte und fernmeldetechnische Anlagen (Bild 2).

Die Darstellung der etwa 150 Exponate in der Halle 18 der Technischen Messe erfolgt in 10 Haupterzeugnisgruppen (Starkstromkabel, Fernmeldekabel, Wickeldrähte usw.). Dem Blickpunktthema „Integrierte Meß-, Prüf- und Regeltechnik — Weg zur Leistungssteigerung“ entsprechend, werden in einem speziellen Komplex ausgewählte Kabelerzeugnisse gezeigt, die in Meß-, Prüf- und Regelprozessen unentbehrlich sind. Hierzu gehören u.a. Steuer- und Signalkabel, Lichtwellenleiterkabel für den industriellen Einsatz speziell im Elektroenergie- und Automatisierungsanlagenbau, Computerleitungen sowie Mikrodrähte für die Präzisionsgeräteindustrie.

In Übereinstimmung mit dem internationalen Trend des technischen Fortschritts bei der Produktion von Kabeln und Leitungen werden folgende Tendenzen sichtbar:

— an Umfang und Qualität zunehmende Produktion von Starkstromkabeln mit einer Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE-Kabel, Bild 3)
— Einsatz von EPR-Kautschuk als Isolierung für gummiisolierte Starkstromleitungen und Leitungstrossen.

Alle VPE-Kabel ermöglichen durch die hohen zulässigen Betriebstemperaturen von 90 °C für den Normalbetrieb und 130 °C für den Störlastbetrieb hohe Übertragungsleistungen für Dauerlast- oder Havariefälle.

Im Kurzschlußfall bieten maximal zulässige Temperaturen von 250 °C für den Leiter und 350 °C für den Cu-Schirm eine hohe Sicherheit. Die hervorragende Qualität der VPE-Kabel ist außerdem durch

— geringe dielektrische Verluste
— hohe elektrische Sicherheit
— einfache Montage
— universelle Einsetzbarkeit in Innenräumen, im Freien, in Erde, in Grundwasser sowie in Trassen mit großen Höhenunterschieden

gekennzeichnet.

Die Vorzüge des modernen Isolierstoffes Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPR) gegenüber herkömmlichen Isolierungen bestehen in der besseren Alterungsstabilität sowie in der höheren Wärmebeständigkeit. Die erstmals auf dieser Basis gezeigten Aderleitungen Typ N3G5Nb, starken Gummischlauchleitungen Typ NSHöut/HO7RN, die Leitungstrosse NTSCEöut oder die torsionsstabilisierte 6-kV-Trosse Typ NTSCE2Töut zeichnen sich deshalb durch eine längere Lebensdauer und eine höhere Strombelastbarkeit (etwa 30 %) aus. Sie haben eine hervorragende Beständigkeit gegen Ozoneinwirkung und energiereiche Strahlung.

Eine ingenieurtechnische Spitzenleistung konnte Ende 1987 gemeinsam von dem Bereich Anwendungstechnik des KWO und dem Energiekombinat der DDR-Hauptstadt realisiert werden. Die 2. Einspeisung für das Berliner Stadtzentrum auf der Basis einer 110-kV-Energieversorgungstrasse über 10 km (90 Kabelkilometer) wurde in Betrieb genommen (Bild 5). Durch die Anwendung des Prinzips der beidseitigen Erdung der Kabel und Auskreuzen der Metallmäntel der 110-kV-Kabel werden erhebliche Energieeinsparungen durch Senkung der Mantelverluste erreicht.

Mit der Entwicklung und Produktion von speziellen Isoliermuffen, Typ MVEÖ: 110 kV (Bild 6) wurde ein Übertragungssystem realisiert, das bei Einsatz von Kabeln mit einem Querschnitt von $1 \times 500\ mm^2$ der Strombelastbarkeit von Kabeln mit einem Querschnitt von $1 \times 800\ mm^2$ bei nicht ausgekreuzten Mänteln entspricht. Hohe materialökonomische Effekte sind das Ergebnis.

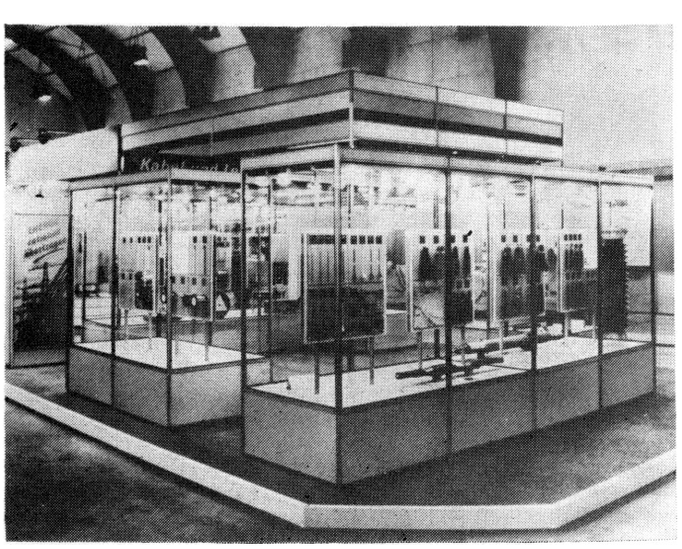
Das Wissenschaftspotential des Kombinats, die ausgedehnte Forschungskooperation, die enge Zusammenarbeit mit renommierten Anwendern sowie die eigenen langjährigen Produktionserfahrungen sichern das anerkannt hohe Qualitätsniveau der Erzeugnisse. Sie werden auf Kundenwunsch nach den in den Ländern gültigen Standards bzw. Vorschriften hergestellt.

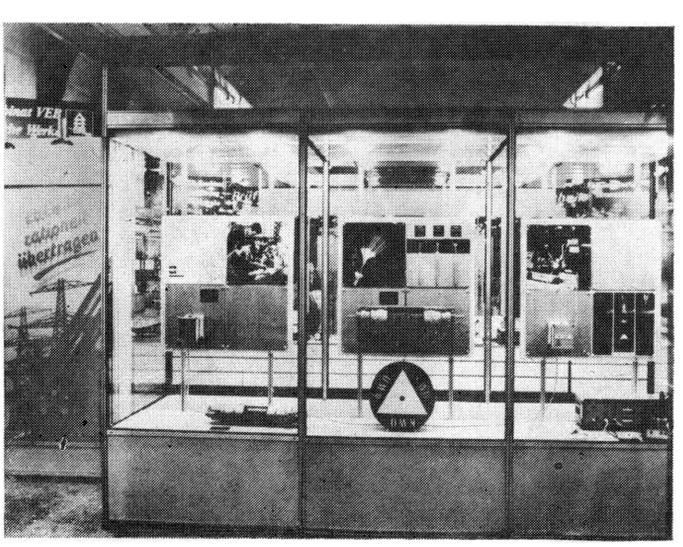
Der Innovationsgrad der Erzeugnisse wurde auf der Grundlage von Spezialisierung und Kooperation ständig erhöht. Er betrug 1987 mehr als 26 %.

1-kV-VPE-Kabel

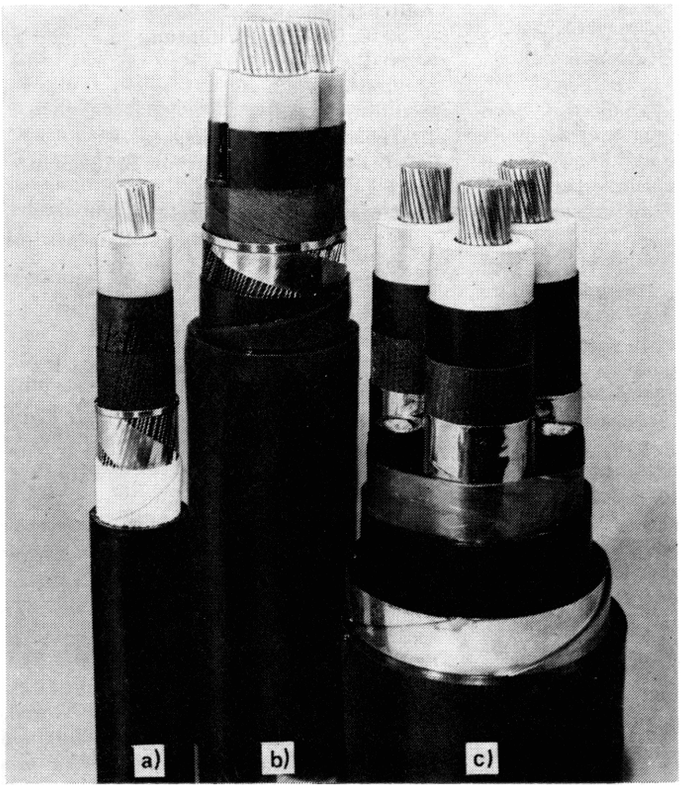
VPE-Niederspannungskabel sind wie alle Plastkabel in Innenräumen, im Freien, in Erde, im Grundwasser sowie in Trassen mit großen Höhenunterschieden universell einsetzbar. Die Legung kann ohne besondere Zusatzmaßnahmen bis zu Kabeltemperaturen von —5 °C erfolgen. Gegenüber den bewährten PVC-Niederspannungskabeln bieten VPE-Kabel durch die hohen zulässigen Betriebstemperaturen von 90 °C für den Normalbetrieb, 130 °C für den Störlastbetrieb eine hohe thermische Reserve. Sie kann z.B. dann ausgenutzt werden, wenn Kabel in einem Netz ausfallen, wenn trotz Lastzunahme Neuverlegungen von Kabeln zeitlich verschoben werden müssen oder wenn die Umgebungs- bzw. Klimaverhältnisse den Einsatz von thermisch hoch belastbaren Kabeln erfordern. In diesen Fällen ist die zulässige Strombelastbarkeit der VPE-Kabel 30 bis 45 % höher als bei PVC-Kabeln, bzw. können für gleiche Übertragungsleistungen bei VPE-isolierten Kabeln 1 bis 2 Stufen niedrigere Leiternennquerschnitte eingesetzt werden, was insbesondere bei beengten Platzverhältnissen von Vorteil ist und die Kabelmasse merklich verringert.

Die Montage- und Anschlußtechnik ist wie bei PVC-isolierten Kabeln einfach und unproblematisch. Das Kombinat fertigt mit modernen Vernetzungsverfahren (chemische Vernetzung, Strahlenvernetzung, Silanvernetzung) VPE-Niederspannungskabel in 1-, 3- oder 4adriger Ausführung mit Al-(re; rm; se; sm), oder Cu-Leitern (rm; sm), im Querschnittsbereich 50 bis 630 mm^2. Über die verseilten Adern wird eine extrudierte oder gebänderte Aderumhüllung aufgebracht. Darüber kann ein konzentrischer Cu-Leiter oder auch eine zugfeste Bewehrung aus verzinkten Stahldrähten angeordnet werden. Den äußeren Abschluß bildet ein Plastmantel, normalerweise aus wärme-

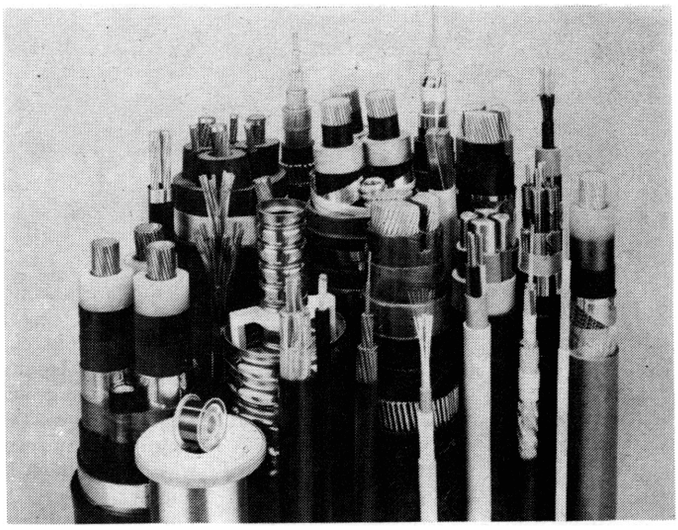




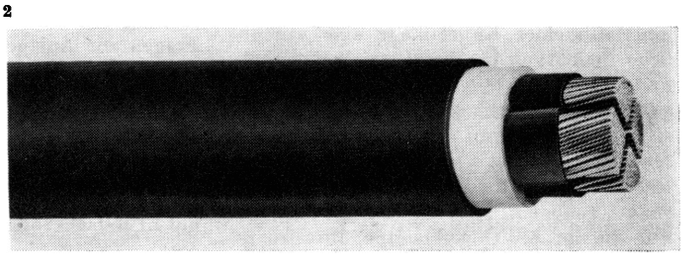
Bilder 1a) und 1b). Messestand LFM '87



3



2



4

beständigen PVC-Mischungen, entsprechend den Einsatzforderungen.
Das Sortiment umfaßt VPE-Kabel 0,6/1 kV der Ausführungen

Unbewehrte Kabel

NA2XY; N2XY nach DDR-Standard KWO-S 431.20, IEC 502 oder VDE 0272
SE-N1XV-AS nach SS 424 14 11
TXXP, TFSQ nach NEMKO 182.52
AXMK nach SFS 4879

Kabel mit konzentrischem Cu-Leiter

TFSP nach NEMKO 182.52 oder NEN 194.80
AXCMK nach SFS 4879

Stahlrunddraht-bewehrte Kabel

NA2XRY; N2XRY nach DDR-Standard KWO-S 431.20 oder IEC 502
XLPE/SWA/PVC nach BS 5467.

Sorgfältige Prüfungen während und nach der Fertigung auf der Basis spezifischer Prüfvorschriften oder der IEC 502/1983 bieten die Gewähr für eine hohe und stabile Qualität der VPE-Niederspannungskabel.
Das Erzeugnissortiment wird unter anderem in Länder Nordeuropas, Asiens und des Nahen Ostens exportiert.
Eine Sonderstellung unter den 1-kV-VPE-Kabeln nimmt der in Anlehnung an den norwegischen Standard NEMKO 182.52 gefertigte Kabeltyp TFSQ ein. Dieses Kabel erhält einen leitfähigen Außenmantel auf der Basis eines Polyolefin-Compounds, der durchgehend mit dem konzentrischen Leiter Kontakt hat. Durch diese Maßnahme wird eine kontinuierliche Erdung des konzentrischen Leiters, ähnlich wie bei den klassischen Bleimantelkabeln, mit einer äußeren Schutzhülle auf der Basis von Jute und Bitumen erreicht.

Längswasserdichte VPE-Mittelspannungskabel vom Typ AXCE

Die langjährigen internationalen Betriebserfahrungen mit VPE-isolierten Mittelspannungskabeln zeigen, daß durch äußere mechanische Einwirkungen Mantelbeschädigungen entstehen können, die zum Eindringen von Feuchtigkeit und freiem Wasser in den Schirmbereich führen. Bei einer ungehinderten Ausbreitung des Wassers im Schirm werden dadurch meist größere Kabellängen dem erhöhten Risiko der Ausbildung von water-tress ausgesetzt und die Zuverlässigkeit des Kabels beeinträchtigt.
Zur Sicherung einer höheren Zuverlässigkeit der VPE-Mittelspannungskabel wurde deshalb eine Einleiter-Kabelkonstruktion mit längswasserdichtem Schirmaufbau entwickelt. Über der VPE-isolierten Ader (hochverdichteter mehrdrähtiger Leiter; vernetzte Leiterglättung, Isolierung und Feldbegrenzung) wird eine optimierte Bänderung als Polsterung und der Kupferdrahtschirm mit Kupferbandgegenwendel aufgebracht. Die weiteren Aufbauelemente bestehen aus einem Gummi-Innenmantel und im Tandemverfahren extrudierten PVC-Außenmantel. Durch den Einsatz eines Quellvliesbandes in der Polsterung unter dem Drahtschirm und dem im Preßverfahren extrudierten Innenmantel wird eine zuverlässige Abdichtung des Schirmbereichs realisiert.
Der Nachweis der Längswasserdichtigkeit erfolgt nach VDE 0278 durch zyklische Strombelastungen (Leitertemperatur 100 °C) und Wassereinwirkung an einem Ringspalt des Außen- und Innenmantels über 126 Zyklen.
Die unter der Typenbezeichnung AXCE gefertigten Kabel entsprechen dem schwedischen Standard SS 4241416. Generell ist die Konzeption der Schirmabdichtung auch auf Kabel nach VDE 0273 und IEC 502 übertragbar, so daß diese Kabel ebenfalls in längswasserdichter Ausführung lieferbar sind.
Die längswasserdichte Schirmausführung bewirkt, daß beim Einsatz der Kabel bei Mantelschäden durch mechanische Einflüsse die Einwirkung von Bodenfeuchtigkeit bzw. von freiem Wasser (z.B. bei Legung im Grundwasserbereich) lokal auf die Schadenstelle begrenzt wird und keine Schädigung größerer Kabelabschnitte ein-

Bild 2. Erzeugnispalette zur LFM '88

Bild 3. VPE-Mittelspannungskabel
a) für 24 kV, Typ AXCE, längsdicht im Schirmbereich
b) für 10 kV, Typ NAXSY, 3 × 185 mm²
c) für 20 kV, Typ NAXSEBY, 3 × 150 mm²
(in Anlehnung an British Standard)

Bild 4. 1-kV-VPE-Kabel

Auf der LFM '87 erhielt aus dem VPE-Kabelsortiment des KWO das für den skandinavischen Raum entwickelte 1-kV-Starkstromkabel Typ SE-NiXV-AS die 25. Goldmedaille des Kombinates.

Bild 5. Verlegung des Ölkabels
NAÖHKa Y-KK 1 × 500, 64/110 kV in der Hauptstadt der DDR

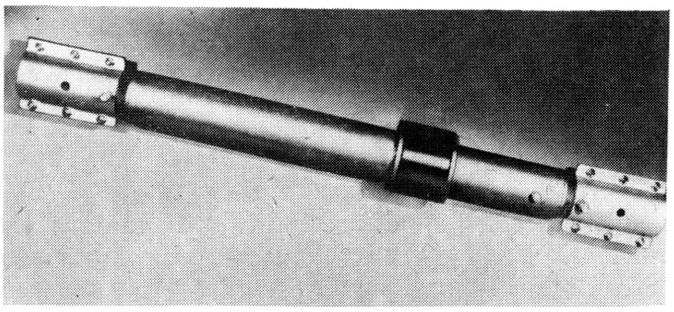


Bild 6
Isoliermuffe MVEöi 110 kV

tritt. Damit erhöht sich die Betriebszuverlässigkeit der Kabelanlagen wesentlich und dem Anwender entstehen erhebliche Kosteneinsparungen bei möglichen mechanischen Kabelbeschädigungen.

Kabel-Garnituren für VPE-Kabel

Abschluß- und Verbindungstechnik haben innerhalb einer Kabelanlage eine wesentliche Bedeutung für ihre Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit. Kabelanlagen lassen sich also zuverlässig errichten und betriebssicher nutzen, wenn die zu den modernen Kabeln passenden Verbindungsmuffen und Endverschlüsse denselben hohen Anforderungen genügen.
Für die im KWO gefertigten Mittelspannungs-Plastkabel sind Starkstromkabel-Garnituren im Angebot, die allen spezifischen Bedingungen, wie Einsatz in kleinräumigen Schaltanlagen, Beanspruchungen durch unterschiedliche Klimate sowie Fremdschichten gerecht werden.
Den internationalen Stand berücksichtigend werden Starkstromkabel-Garnituren durch Einsatz moderner Werkstoffe und Verfahren ständig weiterentwickelt. Nach TGL, VDE und IEC durchgeführte Typprüfungen sichern den Nachweis für die den Kabeln gleichwertig hohen Anforderungen.
Das KWO bietet ein umfangreiches Sortiment von Kabel-Garnituren für VPE-Kabel 10 bis 30 kV mit folgenden Erzeugnisgruppen an:

Freiluftendverschlüsse EPWEY

Sie zeichnen sich durch ihre stabile Ausführung für hohe Kurzschlußfestigkeit aus und garantieren für alle Anwendungsfälle eine hohe Betriebssicherheit. Das trifft auch für den Einsatz in Gebieten mit hoher Fremdschichtbeanspruchung zu. In Verbindung mit der Aufteilung AYWY sind diese Kabel-Endverschlüsse zum Abschluß von Dreileiter-VPE-Kabeln einsetzbar. Für den Freilufteinsatz sind Aufschiebendverschlüsse für 10- und 20-kV-VPE-Kabel in der Entwicklung.

Innenraum-Aufschiebendverschlüsse EA

Die Vorteile dieser Garnituren liegen in der Möglichkeit der schnellen, sicheren und einfachen Montage, ohne zu hohe Anforderungen an das Montagepersonal zu stellen. Sie sind universell einsetzbar, da die Anwendung in jeder Gebrauchslage möglich ist, dazu kommt durch die minimierte Bauhöhe die Anwendbarkeit in kleinräumigen Schaltzellen. Die Eignung für hohe Umgebungsbeanspruchungen (Temperatur, Verschmutzung, Feuchtigkeit) und sofortige Betriebsbereitschaft nach der Montage sind weitere günstige Eigenschaften.

Verbindungsmuffen MXVEY

Für die Kabel unterschiedlichster Konstruktion steht eine Reihe von konfektionierten Verbindungsmuffen zur Verfügung. Die Isolierung besteht aus hochwertigen Isolierbändern. Der äußere, feuchtigkeitsdichte und mechanisch stabile Abschluß wird durch einen PE-Schrumpfschlauch erreicht.
Für alle Garnituren stehen Angebots- und Montagedokumentationen zur Verfügung. Fragen zur Anlagenprojektierung und -errichtung sowie zur Ausbildung von Montagepersonal werden von erfahrenen Anwendungstechnikern des Kombinats beantwortet.

Leitungstrossen für 3,6/6-kV-Nennspannung mit EPR-Isolierung

Leitungstrossen werden vorzugsweise zur Energiezuführung und Energieverteilung im Braunkohlenbergbau an ortsveränderlichen Betriebsmitteln wie Förderbrücken, Baggern und Bandanlagen eingesetzt.
Aufgrund ihrer Konstruktion und der verwendeten Isolier- und Mantelwerkstoffe widerstehen sie hohen mechanischen Beanspruchungen im Schlepp- und Trommelbetrieb und extremen klimatischen Belastungen bei gleichzeitig hoher elektrischer Betriebssicherheit.
Für extreme Einsatzfälle, z. B. Trommelbetrieb mit Zwangsführung, bei sehr hohen dynamischen Belastungen und für Trommelgeschwindigkeiten bis 120 m/min stehen Sonderausführungen mit torsionsstabilisierenden Stützorganen zwischen dem Innen- und Außenmantel zur Verfügung.
Die Leitungstrossen sind im DDR-Standard TGL 21805 standardisiert.

Aufbau

- Feindrähtige Leiter aus verzinnten Cu-Drähten
- Leiterglättung aus leitfähiger EPR-Gummimischung
- Isolierhülle aus EPR (3GJ1)
- Feldbegrenzung aus leitfähiger EPR-Gummimischung
- wahlweise ausgeführter Erdleiter
  - — aufgeteilt (3 × 16,7) und in die Zwikkel der 3 Hauptleiter eingeseilt
  - — nicht aufgeteilt, als 4. Leiter im Verseilverband
- Innenmantel
- Außenmantel
  Alle Außenmäntel sind schwerentflammbar und haben eine erhöhte Ölbeständigkeit. Die Kälteflexibilität der Normalausführung beträgt —30 °C, für Sonderfälle stehen Außenmantelmischungen („öutk") mit einer Kälteflexibilität bis —40 °C zur Verfügung.

Technische Daten

Nennspannung 3,6/6 kV
Leitergrenztemperatur 80 °C
Kälteflexibilität
— 30 °C, bei öukt-Ausführung
— 40 °C
Mindestbiegeradius
4xD feste Legung
10xD bei mehrfacher Biegung
7,5xD bei Ausführungen mit Stützorgan
zulässige Zugkraft
10 N/mm² für Normalausführung
15 N/mm² statisch } bei torsionsstabilisierter Ausführung
25 N/mm² dynamisch }
Querschnittsbereich
25 mm² bis 185 mm² Normalausführung
25 mm² bis 70 mm² torsionsstabilisierte Ausführung.

Die Leitungen sind durch eine abriebfeste Bedruckung auf dem Außenmantel gekennzeichnet.

Backlackdraht Typ LvthI für Horizontalablenkspulen an Farbbildröhren im Durchmesserbereich 0,42 mm

Der Backlackdraht wird nach KWO-S 411.15 in Anlehnung an den japanischen Standard JIS 3003 hergestellt. Der o.a. Lackdrahttyp ist ein Zweischicht-Lackdraht, dessen Isolierung aus einer Grundlackschicht auf der Basis Polyesterimid und einer Klebelackschicht auf der Basis von Epoxidharz besteht. Das Erzeugnis wurde für die Herstellung von Horizontalablenkspulen in Farbfernsehgeräten entwickelt, kann aber auch im Elektromaschinenbau eingesetzt werden.
Besonderheiten des Lackdrahtes sind hohe Spannungsfestigkeit, gutes Wärmeschockverhalten, erhöhte Erweichungstemperatur und Wasserrißbeständigkeit.
Der Backlack auf Epoxidharzbasis gewährleistet

- — gutes Gleitverhalten während der Verarbeitung
- — kurze Taktzeiten durch schnelles Fixieren bei der Verarbeitung
- — sehr gute Formstabilität und exakte Einhaltung der geometrischen Abmessungen der gewickelten Spulen aufgrund geringer Feuchtigkeitsaufnahme des Backlackes.

Der Backlackdraht eignet sich deshalb sehr gut zum Wickeln auf Hochleistungsautomaten.

Wichtige Erzeugnisparameter

Verbackungskraft	min. 3 N
Erweichungstemperatur	min. 350 °C
Abriebfestigkeit	min. 10 N (Mittelwert)
Durchschlagspannung	min. 6,8 kV
Wärmeschock bei 240 °C	1 × Leiterdurchmesser

KWO-Konsumgüter

Langschlitztoaster LT 01

Der Langschlitztoaster ist ein Erzeugnis aus der Reihe moderner elektrischer Haushaltgeräte des KWO. Mit dem Langschlitztoaster kann jede Brotsorte, egal ob Toastbrot, Weißbrot oder Mischbrot, getoastet werden. Aufgrund der kurzen Toastzeiten ist schon in wenigen Minuten eine größere Menge Toastbrot fertig, wobei der Bräunungsgrad individuell variiert werden kann.
Mit dem Zusatzteil Brötchenaufsatz können Semmeln und Brötchen problemlos aufgebacken werden. Durch die gute Wärmeisolierung wird gewährleistet, daß das Ge-

rät während des Toastens außen nicht zu heiß wird.
Das Gerät ist formschön, einfach zu bedienen und paßt in jede Küche, wobei der Kunde entsprechend seinem persönlichen Geschmack zwischen den Farben Weiß, Bahamabeige, Braun und Bordeauxrot wählen kann.
Durch die abnehmbare Krümelschale ist das Gerät sehr pflegeleicht.

Technische Daten

Spannung	220 V
Leistung	750 W
Masse	1400 g
Abmessung	85 mm × 180 mm × 315 mm
Länge der Anschlußleitung	1,60 m

Chr. Henke, Berlin EA 2712

Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf

Ein Potential von 24000 Facharbeitern, Technikern und Wissenschaftlern in 18 Betrieben, mit dem Stammbetrieb in Hermsdorf an der Spitze, prägt das Leistungsprofil des Kombinates VEB Keramische Werke Hermsdorf (KKWH) mit den Haupterzeugnislinien:

— Technische Keramik für die Elektrotechnik, Mikroelektronik, Chemische Industrie und Medizintechnik
— Elektroinstallationsmaterial
— Niederspannungsschaltgeräte
— Explosionsgeschützte Leuchten und Installationsmaterial
— Hybridbauelemente und keramische passive Bauelemente
— „Isolator"-Zündkerzen.

Explosionsgeschützte Erzeugnisse aus dem VEB Elektroinstallation Oberweimar (EOW)

Seit mehr als 70 Jahren fertigt der VEB Elektroinstallation Oberweimar schlagwetter- und explosionsgeschützte Erzeugnisse, besonders Leuchten (Bild 1). In dieser Zeit ist eine breit gefächerte Palette an Erzeugnissen entwickelt worden, die zur Errichtung kompletter Beleuchtungsanlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Betriebsstätten benötigt wird.
Die Erzeugnisse eignen sich besonders zum Einsatz

— in unterschiedlichen chemischen Anlagen
— in Erdöl- und Erdgasgewinnungsanlagen und ihren Nachfolgeeinrichtungen sowie deren Beförderungsmittel
— in Anlagen auf Schiffen, Tankern usw.

Jedes Erzeugnis, das den Betrieb verläßt, ist nach einer Hauptprüfung durch das Institut für Bergbausicherheit Freiberg mit einer Zulassung für den Ex-Bereich durch ein Prüfzertifikat attestiert. Dazu kommen „Nachfolgeprüfungen" mit Zulassungen, wie

— Klimaschutz und der Einsatz in Tieftemperaturen
— Stoß- und Rüttelprüfungen
— Prüfungen für Transportbeanspruchungen
— Prüfungen an Seeregistern.

International haben die Erzeugnisse des EOW Approbationen an den wichtigsten europäischen Prüfdienststellen.
Im Erzeugnissortiment nimmt die Gruppe der Leuchten in der Schutzart „druckfeste Kapselung" die Hauptposition ein. Diese Gruppe eignet sich zur Bestückung mit Entladungslampen, speziell für Zweistift-Leuchtstofflampen. Die Hauptgruppen umfassen:

Leuchten für Entladungslampen

in der Schutzart „druckfeste Kapselung" in der maximalen Ex-Klasse

— für „normale" Leuchtstoff-Lampenbestückungen 1 × 18 W bis 1 × 58 W und 2 × 18 W bis 2 × 58 W
— für Natrium-Hochdruck-Lampenbestückungen bis 250 W
— für Quecksilberdampf- Hochdruck-Lampenbestückungen von 80 bis 400 W und

Leuchten für Glühlampen

in der Schutzart „druckfeste Kapselung" und „erhöhte Sicherheit"

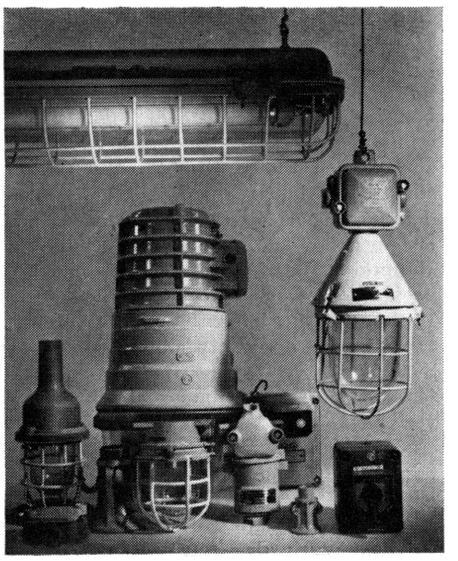
— für Bestückungen von 15 W bis 500 W.

Vervollständigt werden diese Hauptgruppen durch

— Scheinwerfer für Bestückungen mit Glühlampen und Halogenglühlampen
— Schalter und Taster von 1 A bis 16 A
— Signalgeräte zur optischen- und akustischen Signalgebung
— Steckvorrichtungen von 10 A bis 63 A mit verschiedener Polzahl
— Abzweigdosen und Verteilerkästen von 2,5 mm² bis 16,0 mm² klemmbarer Querschnitt
— Verschraubungen, Verschlußstopfen, Schlüssel usw.

Der komplexe Einsatz der Erzeugnisse wird noch durch

— Varianten für unterschiedliche Spannungen und Frequenzen
— Varianten zu speziellen Einsatzbedingungen, wie seewasserbeständige Ausführung, Offshore-Einsatz
— Modifikationsteile zum universellen Einsatz bzw. der Montage der Leuchten und

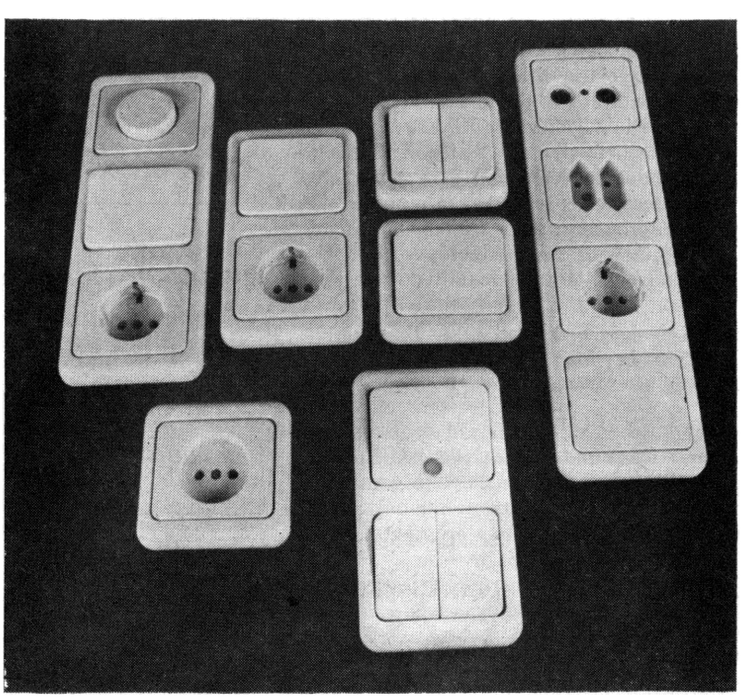


— Ersatz- und Verschleißteile zum langjährigen Betreiben der Erzeugnisse

erweitert.
Zur mustertreuen Fertigung wurden grundlegende technologische Voraussetzungen geschaffen. Teile der „druckfesten Kapselung" werden mit Gießrobotern in der eigenen Gießerei produziert und Bauteile auf NC- und CNC-Maschinen bearbeitet. Auf halbautomatischen Prüfanlagen wird die 100%ige statische Druckprüfung aller Teile gesichert.
Glaslieferanten sind traditionelle Glashersteller, wie VEB Kombinat Carl Zeiss JENA, VEB Kombinat Technisches Glas Ilmenau und VEB Glaswerke Hosena.
Die ständige Weiterentwicklung der Erzeugnisse nach den verfügbaren Lichtquellen und den neuesten Erkenntnissen des Explosionsschutzes garantiert eine hohe Einsatzbereitschaft.

Elektroinstallationssystem aus dem VEB Elektroinstallation Sondershausen

Wie auf allen Gebieten der Technik hat sich auch bei Elektroinstallationsmaterial das



Angebot kompletter Systeme durchgesetzt. Da diese Geräte in zunehmendem Maß nicht nur funktionell betrachtet werden, sondern auch als Gestaltungselement nutzbar sind, wird der Anwender die Übereinstimmung der Geräte in Form und Farbe zu schätzen wissen (Bild 2), und der Installateur widmet seine Aufmerksamkeit den günstigen Montagebedingungen, z. B. der Anschluß- und Befestigungstechnik.
Hauptkomponenten solcher Systeme sind nach wie vor Schalter und Steckdosen. Ihnen galt daher immer besondere Aufmerksamkeit bei der Entwicklung komplexer Systeme. So verfügt der Installationsschalter über Schraubklemmanschlüsse mit unverlierbar angeordneten Schrauben und der Möglichkeit des Anschlusses von Aluminiumleitern ebenso wie von Kupferleitern.
Die solide Schraubklemmverbindung ermöglicht auch das Angebot einer 16-A-Ausführung. Eine Variante mit schraubenlosen Anschlußklemmen für 10 A Nennstrom ist ebenfalls lieferbar. Das Angebot erfolgt in den gebräuchlichen Schaltungsarten. Eine Ausstattung mit Leuchtbaustein ist vorgesehen. Das sich durch hohe Zuverlässigkeit auszeichnende Schaltwerk ist bezüglich der Ausstattung mit unterschiedlich gestalteten Betätigungselementen flexibel ausgelegt. Die zugehörige Schutzkontaktsteckdose ist für den Anschluß von 2 Leitern je Klemmstelle geeignet, wobei auch Aluminium verwendet werden kann. Eine Ausführung mit zwangsläufigem Berührungsschutz ist lieferbar. Ferner kann wahlweise eine Steckdose für 2 Stecker der Schutzklasse II 2,5 A („Europastecker") eingesetzt werden. Alle Geräte sind mit Tragplatten ausgestattet, die in Verbindung mit der Schraub- oder Spreizbefestigung eine schnelle und sichere Montage ermöglichen. Die Geräte haben VDE- und ÖVE-Prüfzeichen.
Für die Mehrfachanordnung von Geräten sind 2fach, 3fach und 4fach-Rahmen im Angebot. Als weitere wichtige Systemkomponente ist der Einbaulichtsteller zu nennen.
Vervollständigt wird das System durch Telefonanschlußdose, Lautsprechersteckdose sowie entsprechende Abdeckungen für Antennensteckdose und Telefonsteckdose. Mit einer Blindabdeckung können z. B. unbenutzte Einbaudosen verschlossen werden. Die zugehörigen Einbaudosen sind durch Rastbefestigungen rationell und sicher miteinander zu verbinden und garantieren damit den Systemabstand 71 mm für eine problemlose Montage. Die ansprechende Formgestaltung rundet den positiven Gesamteindruck dieses Systems ab.

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 ist das KKWH in folgenden Messehallen und Messehäusern vertreten:

Halle 18, Mittelschiff

Innovations- und Applikationszentrum für Keramik
mit den Schwerpunkten:

- Funktionskeramik der Elektrotechnik/Elektronik
- Oxidkeramische Konstruktionswerkstoffe
- Erzeugnisse keramischer Plasmaspritztechnik

Halle 18, Mittelschiff und Freigelände

Elektroenergieübertragung und -verteilung
Darstellung exportspezifischer

- Isolatoren
- Isolierkörper
- Niederspannungsschaltgeräte und Verteiler

Halle 18, Mittelschiff

Elektroinstallationsmaterial
mit den Hauptgruppen:

- Installationstechnik für den Industrie- und Gesellschaftsbau
- Installationssysteme für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau
- Zweckleuchten, Ex-Leuchten und Exgeschütztes Material

Handelshof, 3. Etage

Auszüge des Sortiments Elektroinstallationsmaterial für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau

Halle 15

Elektronische Bauelemente
mit den Schwerpunkten:

- Hybridtechnik/Widerstandsnetzwerke
- Oxidkeramische Halbleiterwerkstoffe
- Piezokeramische Wandler
- Ferrite
- Keramische Leistungskondensatoren

vor Halle 2

Service-Bus „Isolator"-Zündkerzen

Das Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf stellt u. a. folgende Neuentwicklungen aus:

— Speicherschaltkreis 1 Mbit DRAM in Hybridtechnik
— Hybridschaltkreis für Kameraelektronik BX 20 und Beirette
— Hybridschaltkreis für Herzschrittmacher (3. Generation)
— Hybridschaltkreis für Insulinpumpen-Steuerung
— „Isolator"-Zündkerze mit Kupferverbundelektrode.

Christa Bittner, Hermsdorf EA 2721

Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert"

Automatisierungsgerätetechnik ist untrennbar mit dem Namen des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke (KEAW) verbunden. Seit Jahren größter DDR-Produzent dieser für die Rationalisierung und Automatisierung technologischer Prozesse erforderlichen meß-, steuer- und regelungstechnischen Geräte, stellt sich das KEAW in der Halle 15 wieder mit einem ausgewählten Spektrum seines etwa 50000 Erzeugnistypen umfassenden Produktions- und Leistungsangebots vor. Bei seiner Präsentation legt das Kombinat auf die Darstellung der Exponate der Haupterzeugnislinien
EAW-electronic
EAW-sensoric und
EAW-actoric
sowie ihr Zusammenwirken in rationellen und effektiven Problemlösungen Wert. Im Vordergrund stehen dabei neue Exponate der EAW-electronic in anschaulich dargestellten, bereits realisierten industriellen Problemlösungen. So wird auf dem Gebiet der Steuerungstechnik das System EAW-electronic S 2000 für Transport- und Lagerprozesse in Aktion zu sehen sein, das sich beispielsweise bereits in einem Hochregalnormteillager des Maschinenbauhandels Berlin bewährt. Die universellen Einsatzmöglichkeiten des kompakten Steuerungs- und Regelungssystems EAW-electronic S 2000 demonstrieren weitere Problemlösungen wie die „Automatisierung einer Fermentierungsanlage" als Einsatzfall in der Biotechnologie oder die Regelung der Plasmabeschichtungsanlage TINA 900-1.1 H aus dem Kombinat Carl Zeiss JENA.
Ein weiterer Schwerpunkt ist ein Multiuser-Arbeitsplatz (Mehrnutzerarbeitsplatz) zur Softwareerarbeitung mit dem Programmier- und Entwicklungssystem EAW-electronic P 8000. Gezeigt wird auch der automatisierte Schiffsmaschinenbetrieb mit Teilkomplexen des Systems EAW-electronic E 8100, das sich bereits mit seiner
— Maschinenüberwachungsanlage
— Manöverregistriereinrichtung und dem
— Hauptmaschinensicherheitssystem
an Bord der 20000-Tonnen-Vollcontainerschiffe der DDR-Handelsflotte „Ernst Thälmann" und „Wilhelm Pieck" bewährt.
Auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1988 stellt das KEAW erstmals das neuentwickelte mikrorechnergesteuerte meß- und fernwirktechnische System „EAW-Telesmok" zur Erfassung und Übertragung von Daten von Schadstoffkomponenten und meteorologischen Meßdaten im Rahmen des Umweltschutzes vor. Das Angebot der hochwertigen Erzeugnisse der EAW-electronic wird durch den bereits von zahlreichen Kunden des In- und Auslands wegen seiner Leistung und Zuverlässigkeit geschätzten, programmierbaren Mehrkanalschreiber mit Mikrorechner PMM 100, durch den neuentwickelten Mehrkanalregler PMC für den universellen Einsatz zur Automatisierung von Insellösungen sowie die bewährte Palette von leistungsstarken Temperaturreglern der Reihe RK und RB, die in Plast- und Verarbeitungsmaschinen eingesetzt werden, vervollständigt.
Mit ausgewählten Spitzenerzeugnissen und Neuentwicklungen macht auch die Haupterzeugnislinie EAW-actoric auf der Leipziger Frühjahrsmesse auf sich aufmerksam. So wird die Kompaktleistungsschalterreihe ENL/H von 63 bis 1000 A zum Schalten und Schutz gegen Überlastung, Kurzschluß und Unterspannung in elektrischen Verteileranlagen vorgestellt. Das neuentwickelte Vakuumschütz für 320 A zum Schalten unter extrem schweren elektrischen und mechanischen Betriebsbedingungen ragt aus der bewährten Vakuumschützreihe EVS 160-630 A heraus. Ein entscheidender Kennwert für Schütze ist die mechanische Lebensdauer. Sie konnte durch konsequente Weiterentwicklung von 5 auf 10 Millionen Schaltungen durchgängig für alle Typen der

Bild 1. System „Pyrovar" zur Messung von Temperaturen

komplexes des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert" ist das Leistungsangebot von Hard- und Software für leistungsstarke technologische Problemlösungen. Mit seinem Potential von über 32000 Facharbeitern, Meistern, Technikern, Technologen, Forschern, Entwicklern und Konstrukteuren hat das Kombinat EAW als größter Produzent von Automatisierungsgerätetechnik der DDR beste Voraussetzungen hierfür.

Die erfahrensten ingenieurtechnischen Spezialisten und Monteure gewährleisten auf

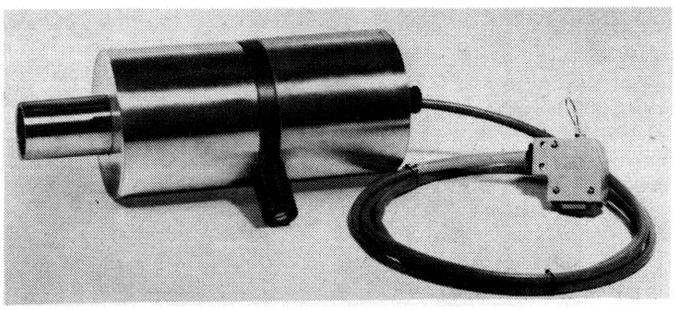


Bild 2
Multispektral-Pyrometermeßkopf

EAW-Vakuumschützreihe erhöht werden, die sich seit Jahren im industriellen Einsatz sehr gut bewährt haben und für die das KEAW Lizenzen vergeben hat. Auch die Luftschütze LX und IDX mit dem dazugehörigen thermischen Überstromrelais sowie Fehlerstromschutzschalter KFI, Motorschutz- und Nockenschalter werden zu besichtigen sein. Mit dem Sortiment elektronisch messender Relais und Zeitrelais sowie einer umfassenden Palette von Leiterplattenrelais, als wichtiges Bauelement für mikroelektronische Steuerungen und die Informationselektronik, stellt das Kombinat eine weitere Erzeugnisreihe der EAW-actoric aus. Sie wird durch die in Millionen Stückzahlen im In- und Ausland eingesetzten Anlaß- und Motorschutzrelais komplettiert, die besonders in der Kühlmöbelindustrie aber auch in elektrischen Geräten, Werkzeugen, Maschinen der Schreibtechnik und Haushaltsgeräten breite Anwendung finden.

Entscheidend für die Leistungsbreite und die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Automatisierungsgerätetechnik aus dem KEAW sind vor allem auch die Erfahrungen und das Leistungsangebot der EAW-sensoric. Das Kombinat präsentiert die wichtige Haupterzeugnislinie der EAW-sensoric gleichfalls anwenderbezogen, anschaulich und vielfältig. Ausgestellt werden das System zur pyrometrischen Messung von Temperaturen „Pyrovar" (Bild 1), der neuentwickelte Multispektral-Pyrometermeßkopf (Bild 2) mit Immissionsintelligenz sowie die umfangreiche Generation hochwertiger Gasanalysenmeßgeräte zur Sauerstoff- und Rauchgasüberwachung von Industrieanlagen. In ihr ist das Spitzenerzeugnis 3-Komponenten-Infrarot-Absorptionsmeßgerät „Infralyt 3206" zur Kfz-Abgasüberwachung ein besonderer Schwerpunkt. Zum Angebot gehören gleichfalls induktive und fotoelektrische Initiatoren sowie elektronische Meßgeräte wie Universal- und Vielfachmesser.

Wichtiger Bestandteil des Ausstellungsder Grundlage ihrer langjährigen Berufserfahrungen und spezieller, bei der Realisierung internationaler Automatisierungsobjekte erworbener Praxis, daß Kunden des Kombinats im In- und Ausland durchgängig ausgereifte, auf ihr spezielles Problem technisch optimal zugeschnittene kostengünstige Lösungen mit Spitzenniveau erhalten. Lieferungen und Leistungen der erforderlichen Dokumentationen, Werkzeuge und Ausrüstungen gehören dabei ebenso dazu wie die qualitäts- und termingerechte Bereitstellung der Erzeugnisse. Im Leistungsangebot von Hard- und Software sind weiterhin Schulung, Training und die Ausbildung von Fachleuten des Kunden sowie der Aufbau von Produktionsstätten mit hohem Leistungsniveau und die Vergabe von Erzeugnis- und Technologielizenzen inbegriffen.

Pressestelle des KEAW EA 2715

Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg"

Energieeinsparungen durch energieeffektive Beleuchtung

Das Beleuchtungsprogramm von NARVA — überzeugend in Sachen Licht

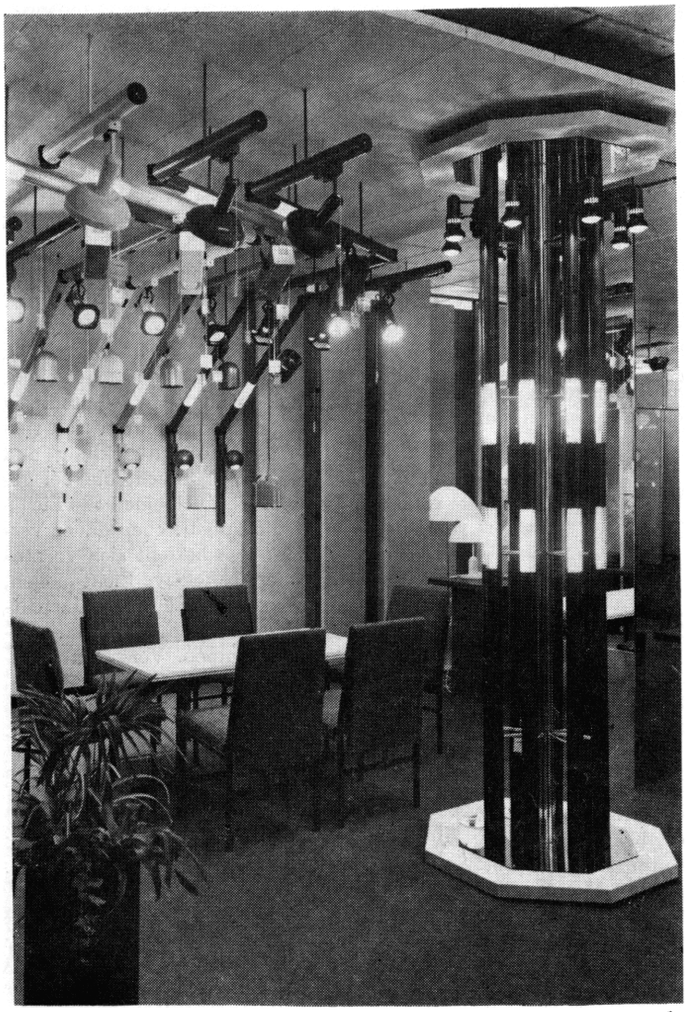
Mit einem umfangreichen Sortiment an lichttechnischen Erzeugnissen, wie Lichtquellen, Zweck- und Wohnraumleuchten, Scheinwerfern für Bühne, Film und Fernsehen sowie lichttechnischem Zubehör sorgen die Mitarbeiter des Kombinates VEB NARVA „Rosa Luxemburg" für eine attraktive und zugleich energiewirtschaftliche Beleuchtung. Immerhin werden in der DDR rund 12% der gesamten Elektroenergie, in Spitzenbelastungszeiten bis zu 20%, für Beleuchtungszwecke benötigt. Deshalb hat der rationelle Energieeinsatz auch auf diesem Gebiet große volkswirtschaftliche Bedeutung.

Mit der Entwicklung und Fertigung neuer energieökonomischer Lichtquellen will das Kombinat NARVA, entsprechend des Staatsauftrages „Senkung des spezifischen Elektroenergieverbrauchs für die Beleuchtung", 1990 im Vergleich zu 1985 Energie in Höhe von 1200 GWh einsparen. Das entspricht dem jährlichen Strombedarf der Haushalte in den Bezirken Potsdam und Frankfurt/Oder. Die rund 15000 Werktätigen in den 13 NARVA-Kombinatsbetrieben arbeiten auf dem Gebiet der Lichttechnik an der Lösung optimaler Varianten. In seiner Forschungstätigkeit konzentriert sich das Kombinat auf die Entwicklung und Produktion von Erzeugnissen, die bei geringstem Energieverbrauch eine hohe Lichtausbeute und eine lange Lebensdauer verzeichnen können. Das bezieht sich vorrangig auf solche energieeffektive Lichtquellen, wie Hochdruckentladungslampen, Leuchtstofflampen, Kompaktlampen, Halogen- und Reflektorglühlampen. Verstärkte Aufmerksamkeit gilt dem Einsatz von Mikroelektronik. Vorschalt- und Zündgeräte, insbesondere in Verbindung mit der Bereitstellung der energieökonomischen Kompaktlampen, sind auf der Basis der Mikroelektronik zu entwickeln. Parallel dazu werden im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" zahlreiche attraktive Leuchtenmodelle mit hohem Wirkungsgrad gestaltet und produziert, um diesen wirtschaftlichen Lichtquellen möglichst breite Anwendungsgebiete im individuellen Wohnbereich, in Betrieben und Gesellschaftsbauten aller Art zu erschließen. Für die gesamte Erzeugnispalette streben die Werktätigen des Kombinates eine Erneuerungsrate von 30 bis 40% an.

Energieeffektive Lichtquellen für höchste Beleuchtungsansprüche

International dominieren immer mehr die energiewirtschaftlichen Lichtquellen. Diesem Trend entsprechend, orientiert NARVA verstärkt auf die Entwicklung ästhetischer, funktioneller, technisch perfekter und kombinierbarer Beleuchtungslösungen. Beispiele dafür wird das Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 dem Publikum und der Fachöffentlichkeit präsentieren. Eine optimale Möglichkeit stellt z. B. das Stromleitsystem NTG 220 (Bilder 1 und 2) aus dem NARVA-Leuchtenbaubetrieb Arnsdorf dar, in dem verschiedene Lichtquellen, wie Strahler-, Leuchtstoff- und Kompaktlampen zum Einsatz kommen. Durch seine Flexibilität und die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten kann dieses Lichtsystem als ergänzende Struktur in die Raumdekoration integriert werden. Die durch das NTG 220 erzielte bewußte Akzentuierung der Leuchtdichte mit Zonen unterschiedlicher Helligkeit schafft eine ansprechende und zugleich kostengünstige Beleuchtung, u. a. in Geschäften und Galerien.

In Kombination mit weiteren attraktiven NARVA-Strahlern wird das Kombinat zur Leipziger Frühjahrsmesse '88 eine jugendgemäße Lichtvariante für den Einsatz in Diskotheken oder Klubs demonstrieren. Wegen ihrer hohen Lichtausbeute und der langen Lebensdauer zählen Leuchtstoff-



1

2

3

4

Bilder 1 und 2. Varianten des Stromleitsystems NTG 220 aus dem NARVA-Leuchtenbaubetrieb Arnsdorf. Verschiedene Lichtquellen, wie Strahler-, Leuchtstoff- und Kompaktlampen kommen hier zum Einsatz. Das ganze System bietet Flexibilität und vielfältige Kombinationsmöglichkeiten. Im Vordergrund von Bild 2: Halogenleuchtenvorschläge aus dem Kombinat NARVA

Bild 3. Wohnraumleuchten im NARVA-Design. Das Angebot aus dem NARVA-Leuchtenbaubetrieb Deutschneudorf: geschmackvolle Holzleuchten in interessanten Farbvarianten und Porzellan-Leuchten

Bild 4. Attraktive Leuchtenmodelle von NARVA für energieeffektive Lichtquellen. Bestückt mit den energiewirtschaftlichen Kompaktlampen harmonieren sie in Form und Funktion

lampen zu den energiewirtschaftlichsten Lichtquellen unserer Zeit. Leuchtstofflampen von NARVA, in vielen Farben und Formen erhältlich, zeichnen sich durch gute Betriebseigenschaften aus und sind universell einsetzbar. Mit der neuen Lichtleiste *R* für Leuchtstofflampen stellt NARVA zur Messe ein attraktives und zugleich energieeffektives Anwendungsbeispiel vor. Diese Ausführung ergänzt das bekannte Lichtleistensortiment von NARVA. Die in Rechteckform ausgeführte Lichtleiste *R* hat eine feuerverzinkte Grundschiene, auf der alle Leuchtenbauteile durch Niet- und Schnappverbindungen angebracht sind. Das umkleidende Leuchtengehäuse aus lackbeschichtetem Stahlblech wird aufgerastet. Das neue Erzeugnis wird zunächst als Einzelleuchte kompensiert gefertigt, später sind Ausführungen für Drehstromeinspeisung und Lichtbandanordnung vorgesehen. Weitere Kenndaten der Lichtleiste *R* sind: *F*-Kennzeichen, zulässige Umgebungstemperatur t_u 40 °C und Einstufung in den Brandgefährdungsgrad BG 3. Dieses Exponat wird zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 als zweilampige Leuchte für 2 × 36 bzw. 40 W vorgestellt, weitere Ausführungen ein- bzw. zweilampig folgen.

Die Ausleuchtung von Industrie- und Gesellschaftsbauten mit energieeffektiven Entladungslampen, wie Natriumdampf-Hochdrucklampen, Halogen-Metalldampflampen und Leuchtstofflampen erfordert den Einsatz von Vorschalt- und Zündgeräten mit geringen Eigenverlusten, hoher Wärmestabilität und kleiner Bauweise. Die Vorschalt- und Zündgeräte aus dem Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" weisen auf diesen Gebieten gute Betriebseigenschaften auf und sind umfassend einsetzbar. Ihre geometrischen und elektrischen Parameter entsprechen den internationalen Vorschriften, der IEC 82.

NARVA-Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen werden für die Leistungsgrößen 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 32, 36, 40, 58 und 65 W als induktive Vorschaltgeräte produziert und sind wahlweise durch Anwendung von angepaßten Kondensatoren im kompensierten bzw. Duo-Betrieb einsetzbar. NARVA stellt zur Frühjahrsmesse in Leipzig drei neuentwickelte Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen vor, die speziell für 230 V ausgelegt sind.

Mit diesen Produkten entspricht NARVA den zu erwartenden Festlegungen für eine neue Spannungsreihe in den Versorgungsnetzen einiger Länder.

NARVA-Vorschaltgeräte und Zündgeräte für Hochdruckentladungslampen werden, je nach Typenreihe, für die Leistungsgrößen von 50 bis 2000 W für Natriumdampf- und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen sowie für Halogen-Metalldampflampen produziert.

Ständige Weiterentwicklungen garantieren die weitere Minimierung der geometrischen Abmessungen und geben somit der Leuchtenindustrie Voraussetzungen zur modernen, geschmackvollen und kostengünstigen Neuentwicklung ihrer Modelle. Die Qualität der NARVA-Vorschaltgeräte wird durch die Approbationen von VDE, Cebec, Kema-Keur und Demko nachweisbar dokumentiert.

Als weitere Neuheit bietet NARVA einen Einbausatz, bestehend aus einem Vorschaltgerät mit angepaßter Fassung und einer Doppelrohrlampe 7, 9 oder 11 W für die Umrüstung von Glühlampenbrennstellen und somit zur Leistungsreduzierung bei gleicher Lichtstromeinheit an.

Hohe Sicherheit im Straßenverkehr bieten die Halogen-Fahrzeuglampen von NARVA. Die nach der modernen Halogen-Technik gefertigten Kraftfahrzeuglampen H 1, H 3 und H 4 aus dem Sortiment des NARVA-Kombinates werden für Haupt- und Nebenscheinwerfer eingesetzt und ermöglichen eine gute Fahrbahnausleuchtung in allen Situationen. Die Verwendung von Halogenlampen bringt viele Vorteile:

— Höhere Beleuchtungsstärke auf der Fahrbahn
— Bessere Ausleuchtung der Straße
— Größere Reichweite der Scheinwerfer
— Frühzeitiges Erkennen von Gefahrenquellen, Signalen und Verkehrszeichen
— Erhöhung der Verkehrssicherheit
— Gleichbleibende Lichtstärke bis zur Beendigung der Lebensdauer
— Doppelte Lebensdauer gegenüber den herkömmlichen Lampen
— Verminderung von Müdigkeitserscheinungen durch bessere Sicht.

Die Kfz-Scheinwerferlampen H 1, H 2 und H 3 von NARVA sind mit einem Leuchtkörper ausgerüstet und werden größtenteils für Zusatzscheinwerfer verwendet. Sie garantieren eine ausgezeichnete Ausleuchtung der Fahrbahn und eine wesentliche Sichtverbesserung bei Nebel.

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 stellt das Kombinat NARVA weitere Halogen-Fahrzeuglampentypen mit höherer Lebensdauer vor. Durch zielstrebige Produktpflege und hohe technologische Disziplin konnten beispielsweise die Lebensdauerwerte der bekannten H 4-Lampen 12 V 60/55 W in moderner Hartglasausführung für das Abblendlicht um 100% erhöht werden. Diese Kfz-Scheinwerferlampe verfügt über zwei Leuchtkörper, für Abblend- und für Fernlicht. Unter Beibehaltung der bewährten asymmetrischen Lichtverteilung der H 4-Lampe konnte eine doppelt so helle und wesentlich breitere Ausleuchtung des Vorfeldes erreicht werden. Besonders auffällig ist die intensive und gleichmäßige Ausleuchtung vor dem Fahrzeug, sowohl bei Abblend- als auch bei Fernlicht, mit einer erheblich größeren Reichweite. Durch die besondere Scheinwerferkonstruktion tritt bei richtiger Scheinwerfereinstellung trotz des um 100% gestiegenen Lichtstroms keine Blendung des Gegenverkehrs auf. Eine Umrüstung der Scheinwerfer auf H 4-Lampen ist nur mit dafür zugelassenen Scheinwerfern zulässig.

Auch für die Lampen H 1 und H 3 gemäß ECE R 37 sind Verbesserungen in bezug

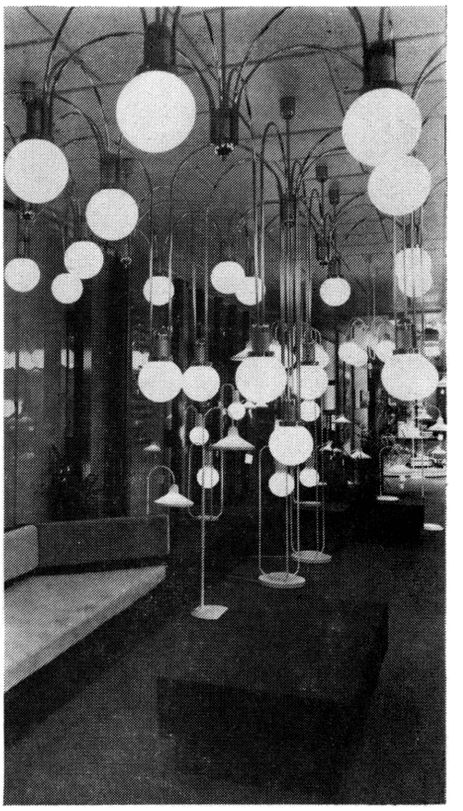


Bild 5. Vorschläge aus dem Kombinat NARVA für den Repräsentativ- und Gesellschaftsbau. Diese dekorativen Leuchten entsprechen dem Einsatz z. B. in exklusiven Hotelbauten

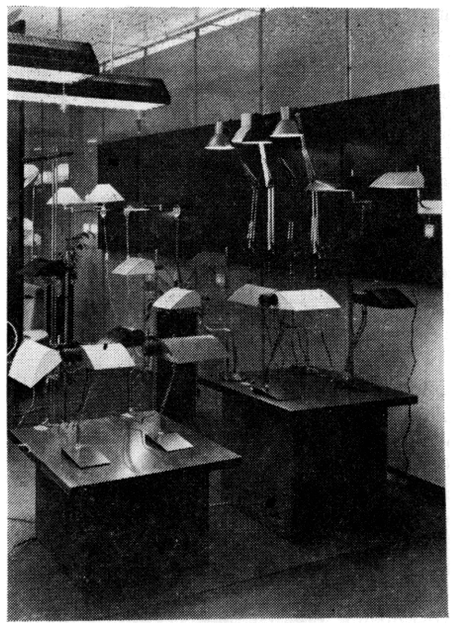
auf die Lebensdauer um etwa 35 bzw. 80% erreicht worden. Beachtliche Anhebungen hinsichtlich dieses Wertes sind bei den Rally-Typen mit einem bzw. zwei Leuchtkörpern ebenfalls zu verzeichnen.

Die Halogen-Fahrzeuglampen sowie weitere Autolampensortimente von NARVA entsprechen generell den internationalen Zulassungsrichtlinien und werden mit dem Prüfzeichen E 15 versehen.

Klein und leistungsstark sind die Halogen-Miniaturlampen aus der NARVA-Produktion. Das Kombinat erweitert 1988 dieses Sortiment um fünf neue Typen. Halogen-Miniaturlampen sind überall dort von Vorteil, wo leistungsstarke und robuste Lampen bei gleichzeitig geringem Leistungsbedarf benötigt werden. Bevorzugte Anwendungsgebiete sind Taschenleuchten, Fahrradscheinwerfer, Leseleuchten und die Fahrzeugbeleuchtung. Im Unterschied zu Halogen-Glühlampen aus der Reihe der niederwattigen Lichtwurflampen wird für die Halogen-Miniaturlampe ein Hartglaskolben verwendet.

Licht nach Maß im NARVA-Design

Das Kombinat NARVA bietet ein umfangreiches Wohnraumleuchten-Programm mit rund 800 Modellen in den unterschiedlichsten Stilarten. Dem aktuellen Trend in der Leuchtenentwicklung und Kundenwünschen entsprechend, wird das Angebot ständig erneuert. Jede Gestaltungsidee basiert auf der Verbindung von geschmackvoller, funktionsbezogener und energiewirtschaftlicher Beleuchtung. Die NARVA-Designer, hochqualifizierte und experimentierfreudige Fachleute auf ihrem Gebiet, setzen ihre progressiven Ideen in formvollendete Leuchten um, die höchsten Lichtkomfort mit



raumgestalterischer Wirkung vereinen. Auch in bezug auf die Innenraumbeleuchtung dominieren bei NARVA alternative, energiesparende Lichtlösungen. Um auch der äußerst energieökonomischen Kompaktlampe breite Anwendungsgebiete im individuellen Wohnbereich, im Verwaltungs- und Gesellschaftsbau zu erschließen, konzentrieren sich die Gestalter von NARVA auf die Entwicklung attraktiver Leuchtenmodelle mit hohem Wirkungsgrad. Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 ist das Kombinat NARVA mit einer repräsentativen Auswahl von Wohnraumleuchten, die diesen Ansprüchen gerecht werden, auf dem Ausstellungsstand präsent. Ein Beispiel dafür sind die formschönen Modelle in der Kombination Glas/Metall des NARVA-Leuchtenbaubetriebes Leipzig. Bestückt mit den energieeffektiven Kompaktlampen harmonieren sie in Form und Funktion.

Zunehmender Beliebtheit erfreut sich der Einsatz von Halogenlampen in Wohnraumleuchten. Ermöglicht wird dadurch eine starke Lichtakzentuierung mit äußerst dekorativem Effekt. Die neuen Halogenleuchten-Sets aus dem NARVA-Leuchtenbaubetrieb Lengefeld stehen für hervorragend gestaltete Leuchten der neuen Generation, ausgerüstet mit energieökonomischem Licht. Der im Erzgebirge beheimatete, traditionell auf die Holzbearbeitung spezialisierte NARVA-Leuchtenbaubetrieb Deutschneudorf wird den Messebesuchern in Leipzig sein Holzleuchtensortiment in neuen, interessanten Farbvarianten vorstellen. Mit Keramik- und Porzellanleuchten, eine Erweiterung der Deutschneudorfer Produktion, vervollständigt NARVA sein Angebot an formschönen Modellen.

Für gehobene Licht-Ansprüche, z. B. im Repräsentativbau, ist das Kombinat NARVA ebenfalls ein geeigneter Partner. So wurde im neuen Grand-Hotel in Berlin, einem Referenzobjekt erfolgreicher Zusammenarbeit der DDR-Leuchtenbaubetriebe, die Ausleuchtung sorgfältig auf das Interieur abgestimmt. Die dekorativen Leuchten in den verschiedensten Varianten entsprechen dem exklusiven Charakter dieses First-Class-Hotels.

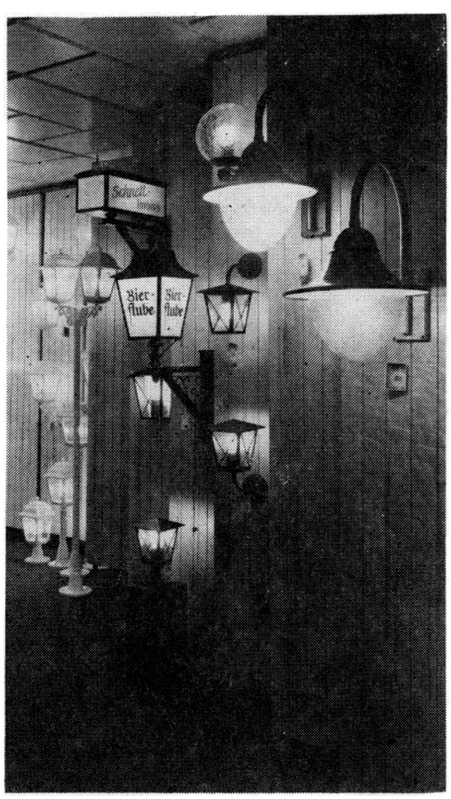
Der NARVA-Leuchtenbaubetrieb Lengefeld wird zur Frühjahrsmesse 1988 sein Leuchtensortiment 'Kändler' vorstellen. Diese Kollektion aus unterschiedlich großen Modellen in einheitlichem Design, eignet sich vor allem zur dekorativen Objektausleuchtung. Repräsentative Kronen und Lichtbausteine sowie eine reiche Auswahl klassisch und modern gearbeiteter Kristall-Leuchten vervollständigen die abwechslungsreiche Palette der Erzeugnisse aus den DDR-Leuchtenbaubetrieben.

M. Schlag, Berlin EA 2733

Bild 6. Kristall- und Dekorativ-Leuchten aus Leuchtenbaubetrieben der DDR für gehobene Ansprüche

Bild 7. Arbeitsplatzleuchten mit energieeffektiven Lampen (hier Doppelrohrlampen) in verschiedenen Farbausführungen für beste Lichtintensität am Arbeitsplatz. oben: ansprechende Varianten mit Holzraster für eine attraktive Beleuchtung mit den NARVA-Leuchtstofflampen

Bild 8. Vorschläge der DDR-Leuchtenbauindustrie für eine effektvolle Außenbeleuchtung



VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

Der VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau (KAAB) ist ein Begriff für ein Produktions- und Leistungsprofil, das aufbauend auf umfassende Erfahrungen in der Entwicklung und Realisierung von Elektroenergie- und Automatisierungsanlagen und ausgerichtet auf den internationalen wissenschaftlich-technischen Entwicklungsstand moderner Schlüsseltechnologien folgende hochwertige Anlagen und Ausrüstungen umfaßt:

- Elektroenergie- und Automatisierungsanlagen für die Kohle- und Energiewirtschaft, die metallurgische und chemische Industrie, die Industrieautomatisierung, die Land- und Nahrungsgüterwirtschaft, den Wohnungs- und Gesellschaftsbau
- Übertragungs- und Verteilungsanlagen für die Elektroenergietechnik und das Verkehrswesen
- Leit- und Sicherungsanlagen für den Schienen- und Straßenverkehr
- Hochspannungsprüfanlagen und -laboratorien
- Geräte der Medizintechnik.

Dieses vielfältige Erzeugnisspektrum ist durch einen zunehmenden Anwendungsgrad der Mikroelektronik gekennzeichnet. Neben den zunehmend eingesetzten mikroelektronischen Bauelementen und Baugruppen im Elektroenergieanlagenbau sind es insbesondere komplexe Automatisierungslösungen, die durch einen hohen Anwendungsgrad der Mikroelektronik charakterisiert sind und die Beherrschung immer komplexerer Prozesse ermöglichen. Das KAAB demonstriert das auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1988 durch eine Auswahl komplexer Problemlösungen für die unterschiedlichsten Anwendungen. Grundlage dieser Erzeugnisexposition ist das Automatisierungssystem audatec, seine Systemkomponenten und Geräte für die Entwicklung und den Aufbau flexibel automatisierter Fertigungssysteme.

In der Halle 15 werden u. a. folgende Neu- und Weiterentwicklungen des Systems

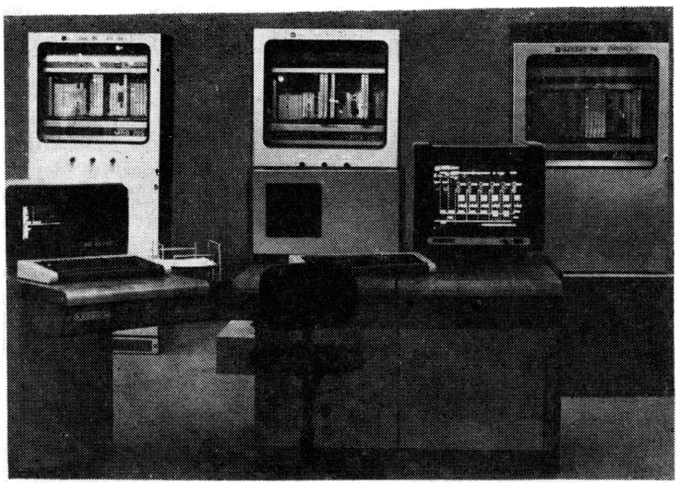


Bild 1. Mikrorechnersystem MRS 705
Bild 2. Mikrorechnerintegriertes Prozeßleitsystem audatec
Bild 3. Meßumformer audapas

„audatec" gezeigt:

— die Weiterentwicklung der modularen, universell einsetzbaren Steuerung MRS 704/705 (Bild 1). Dieses Steuerungssystem in Verbindung mit dem Kommunikationssystem MRS-net und unter Nutzung des auf industrielle Umgebungsbedingungen ausgelegten neuentwickelten Industriecomputers ICA 700.20 gestattet die Realisierung von Echtzeitnetzwerken und somit eine optimale Abstimmung auf den Automatisierungsprozeß
— die Weiterentwicklung des mikrorechnerintegrierten Prozeßleitsystems audatec am Beispiel der tiefen Erdölverarbeitung. Dieses Beispiel zeigt das flexible und großzügige Systemkonzept, dessen Funktionsspektrum gegenwärtigen und zukünftigen Anforderungen an Prozeßleitsysteme in der Automatisierungstechnik angepaßt werden kann (Bild 2)
— Anwenderbeispiele von audatec-Komponenten zur Automatisierung von Förderungsprozessen in Tagebauen mit dem Funktionsspektrum von der Automatisierung einzelner Geräte bis zu Prozeßleitsystemen.

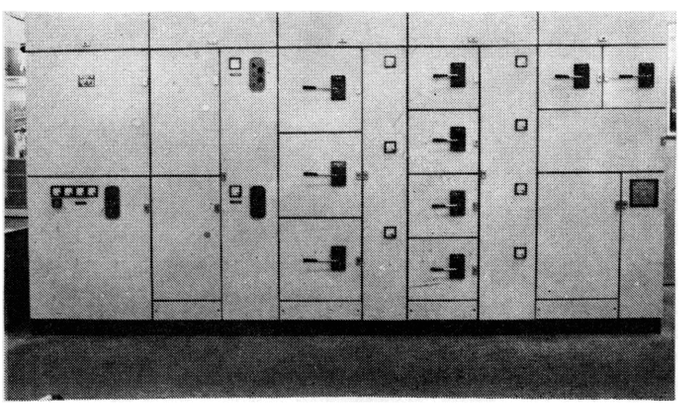
Weitere in Halle 15 vorgestellte Exponate sind u. a.:

— die Neuentwicklung eines mikroelektronischen Gleichstromkreises am Anwenderbeispiel zur Automatisierung von Transport- und Verkehrsprozessen in Leiteinrichtungen von Industriebahnen und der Deutschen Reichsbahn
— das neuentwickelte Automatisierungssystem MS A 5000. Ein mikrorechnerintegriertes Prozeßleitsystem, das durch seine multivalenten Einsatzmöglichkeiten insbesondere zur Automatisierung von Prozessen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft eine Vielzahl wirtschaftlicher Vorteile bietet
— als Typenvertreter der weiterentwickelten Reihe der statischen unterbrechungsfreien Stromversorgung (SUSV) der Dkk 380/40 der Leistungsgröße 25 kVA in Verbindung mit einem Frequenzumrichter der Leistungsreihe DDU 380/38 aus dem bewährten und umfangreichen System THYRESCH.
SUSV haben ein weites Anwendungsfeld und sind für die flexible Automatisierung, für Rechenzentren und medizinische Einrichtungen eine unabdingbare Voraussetzung
— das Sortiment der audapas-Meßumformer und audapas-Druckwandler (Bild 3) sowie audaflux-Gerätesysteme zur Volumen- und Durchflußmessung.

Diese Erzeugnispaletten werden hinsichtlich ihrer Einsatzbreite als anwenderbezogene System- bzw. Problemlösungen für die Automatisierung und Rationalisierung kontinuierlicher und diskontinuierlicher Prozesse dem Messebesucher angeboten.

In Halle 18 sowie auf dem Freigelände werden Ausrüstungen der Elektroenergieübertragungs- und -verteilungsanlagen ausgestellt und anwenderbezogene Systemlösungen von Projektierung bis zu ihrer Realisierung angeboten. Dazu werden in einem Ausstellungskomplex u. a. folgende Erzeugnisse und Leistungen angeboten:

— die Projektierung, Montage, Inbetriebnahme und Betrieb von Elektroenergieverteilungsanlagen am Beispiel einer mikrorechnergestützten Leittechnik für die Steuerung, Überwachung und Messung in Energieverteilungsanlagen und industrieller Netze auf der Basis eines Mehrebenen-Mikrorechner-Systems und unter Nutzung der Lichtwellenleittechnik am Beispiel einer Streckensteuerung für das Verkehrswesen
— eine Weiterentwicklung des Schaltzellensystems CSIM 3 — 12, das ergänzt durch Vakuumleistungsschalter ein bewährtes und zuverlässiges Schaltanlagensystem darstellt.



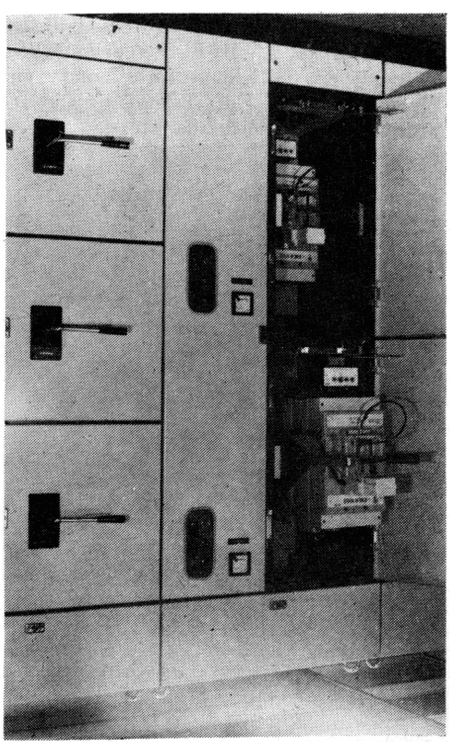


Bild 4
NS-Schaltanlage VESAstat
◀ a) Gesamtansicht
b) Abgangsvariante ENL 2 × 1000 A ▶

— die neuesten Variantentypen der Niederspannungsverteilungsanlage (NSVA, Bild 4).
— weiterentwickelte ölarme Leistungsschalter für offene Anlagen (SCI 4)
— die Kleinkondensatorenanlage micond 100 R 3507 mit einer Nennleistung von 35 kVAr und einer vollautomatischen Regelung durch einen Blindleistungsregler eBR 41.

In einem weiteren Ausstellungskomplex, Geräte und Ausrüstungen für die Energieübertragung, werden u.a. gezeigt:
— ein neuentwickelter 125 MVA Drehstrom-Maschinen-Stell-Transformator, der der Leistungsabführung von 100-MW-Kraftwerksblöcken bei einer Direktumspannung der Generatorspannung von 10,5 kV auf 245 kV dient
— ein Niedrigverlusttransformator DDk 315,5 und DDk 400.5
— ein Hermetik-Öltransformator DDk A 630 und TRR-Öl-Transformator (100 kVA/30 kV)
— ein breites Sortiment von Strom- und Spannungswandlern.

Hochspannungsprüftechnik wird in einem weiteren Ausstellungskomplex demonstriert. Neu- und weiterentwickelte Typenreihen von Wechsel-, Gleich- und Impulsspannungs-Prüfanlagen prägen das Messeprofil dieser Erzeugnisreihe 1988. So ist ausgehend von dem Erfordernis zur Automatisierung von Hochspannungsprozessen eine neue Reihe von Mikrorechner-Mess- und Steuersystemen für den halb- und vollautomatischen Betrieb entwickelt worden. Das Spitzenexponat in diesem Komplex ist die Wechselspannungs-Prüfanlage 1200 kV/12 MVA.
Vorgestellt wird sie als komplette erste Stufe der 3-MV-Prüfanlage. Dieses Exponat repräsentiert Weltspitzenparameter der Hochspannungsprüftechnik.
Komplettiert wird das Ausstellungsprofil des KAAB durch ein vielfältiges und umfangreiches Konsumgüterprogramm. Es werden unter anderem gezeigt:
ein polyphoner Synthesizer, Heimwerkerschweißtransformatoren, Kontaktgrill-Gerätesortimente, Hi-Fi-Stereoverstärker, Rasenmäher, Blitzlichtgeräte und ein Phono-Automat. Ein Telefonanrufbeantworter gehört gleichfalls zu den neuen Konsumgütern unseres Kombinates.

W. Ziemann, Berlin EA 2723

RFT

VEB Kombinat Nachrichtenelektronik

Neue digitale Lösungen für den zukunftssicheren Aufbau von Verbindungswegen und Vermittlungsstellen stehen im Mittelpunkt des Exportangebots des VEB Kombinat Nachrichtenelektronik zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988. Sie belegen aufs neue die zielstrebige Anwendung und Einführung digitaler Technologien in die RFT-Kommunikationstechnik. Das Kombinat Nachrichtenelektronik, dessen Leitung seit Mitte 1987 vom neuen Stammbetrieb VEB Funkwerk Köpenick aus erfolgt, vereint in 17 Produktionsbetrieben, zwei Anlagenbaubetrieben und dem Zentrum für Forschung und Technologie der Nachrichtentechnik 39000 Beschäftigte. Für eine hohe Innovationsrate der Erzeugnisse sorgen rund 5000 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker. Ihre wissenschaftlich-technischen Leistungen stehen den Nachrichtenverwaltungen und anderen Bedarfsträgern nicht nur in Form hocheffektiver Kommunikationsmittel und Kommunikationssysteme für die vielfältige Lösung nachrichtentechnischer Aufgaben zur Verfügung, sondern auch als Patente, Lizenzen und Know-how. Diesem Angebot sowie Consulting- und Engineering-Leistungen, Ausbildungs- und anderen Software-Angeboten ist in der Exposition des Kombinats im Obergeschoß der Halle 15 zur kommenden Frühjahrsmesse breiter Raum gewidmet.
Den bedeutendsten Ausstellungskomplex bilden digitale Vermittlungs- und Übertragungssysteme für einen Netzausbau nach Maß.

Kleinvermittlungsanlage UVA 300

Für die Digitalisierung der Fernmeldenetze im Endstellenbereich stellt der VEB Kombinat Nachrichtenelektronik mit der Vorzimmeranlage UVA 300 eine weitere neue Kleinvermittlungsanlage des universellen, mikroprozessorgesteuerten Vermittlungsanlagensystems UVA vor. Sie ist vorrangig für den Einsatz als Chef-Sekretär-Anlage in Büros bestimmt. In der Grundausbaustufe können zwei Teilnehmer und eine bzw. zwei Anschlußleitungen realisiert werden. Eine Erweiterung auf vier Teilnehmer bzw. auf drei Teilnehmer und eine Wechselsprechstelle und vier Anschlußleitungen ist möglich. Zu den Leistungsmerkmalen der UVA 300 (Bild 1) zählen u.a. Rufweiterschaltung, Anklopfen, Wiederanruf bei Auflegen in Rückfrage, Internkonferenz, Rufnummernsperre, Anrufschutz, Rufnummernerweiterung, Makeln und Wahlwiederholung der zuletzt eingegebenen Rufnummer. Zum Anschluß an die UVA 300 werden als neue Teilnehmerendgeräte die Vorzimmerapparate UVA 601-1 (Komfort-Endgerätevariante) und UVA 602-1 (Vorzimmerbeistellgerät) ausgestellt. Sie verfügen über Zielwahl für 11 Ziele, Mithörmöglichkeit, Sperrschloß, Tonbandanschluß und elektronischen Zweitruf. Außerdem bieten sie Wahlmöglichkeit bei aufgelegtem Handapparat, Anzeige der gewählten Rufnummer und Gesprächszeitanzeige.

Nebenstellenanlagensystem NZ 400 D, Endgeräte

Das digitale Nebenstellenanlagensystem NZ 400 D (Bild 2), das in Leipzig durch den Basistyp NZ 400 D/128 mit einer Anschlußkapazität von 32 bis 128 Anrufeinheiten und bis zu 16 Hauptanschluß- bzw. Verbindungsleitungen repräsentiert wird, bildet das Kernstück eines innerbetrieblichen Kommunikationsnetzes für Sprach- und Datenkommunikation. Realisiert wird dieses datenfähige, digitale Nebenstellennetz mit dem neuen Datenanschlußgerät DAE. Der Datenanschlußmodul belegt dabei 64-kbit/s-Kanäle des Koppelfeldes der Nebenstellenzentrale so, als wäre er ein ISDN-B-Kanal.
In die Demonstration des betrieblichen Kommunikationsnetzes auf dem Messestand sind RFT-Fernsprechendgeräte, wie die Apparate „apart" und „Kompakt" (Bilder 3 und 4), digitale Kleinvermittlungsanlagen des Systems UVA sowie Robotron-Personalcomputer mit Bildschirm und Drucker als Exponate des VEB Kombinat Robotron einbezogen.

Leitungstrakt PCM 480 S

Neu im Gerätespektrum für die digitale Nachrichtenübertragung ist der Leitungstrakt für 480 Kanäle PCM 480 S. Er ist — wie auch das ebenfalls ausgestellte System PCM 480 für Multimoden-Gradienten-Lichtwellenleiterkabel — ein Vertreter der dritten PCM-Hierarchie der RFT-Systemfamilie für die digitale Übertragung von Informationen vorgesehen. Die Leitungseinrichtungen PCM 480 S, einsetzbar auf zweigleisig verlegten asymmetrischen Trägerfrequenzkabeln, sind vorwiegend für eine Umrüstung von Magistralleitungen bestimmt, die mit analogen 60-Kanal- bzw. 120-Kanal-Trägerfrequenzsystemen belegt sind. Dadurch wird eine Erhöhung der Übertragungskapazität dieser bereits vorhandenen Trassen auf das Acht- bzw. Vierfache erreicht. Symmetrische TF-Fernkabel,

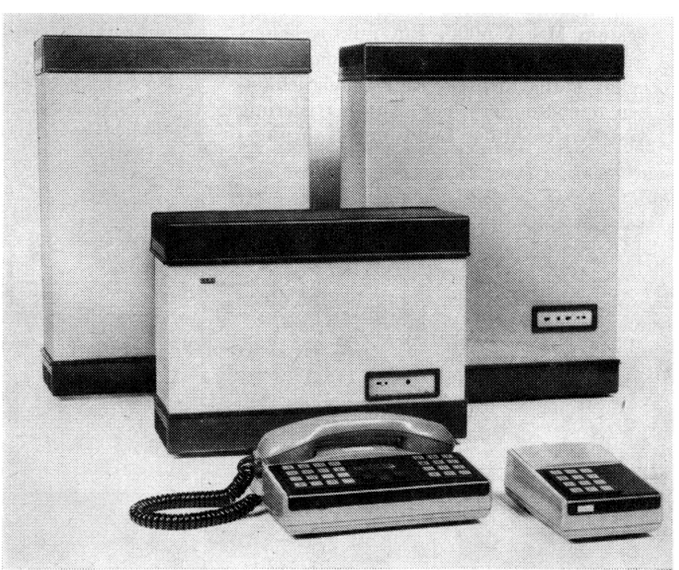


Bild 1
Universelle Vermittlungsanlagen UVA 100, UVA 200, UVA 300 mit Endgeräten

Bild 2
Digitale Nebenstellenzentrale NZ 400 D

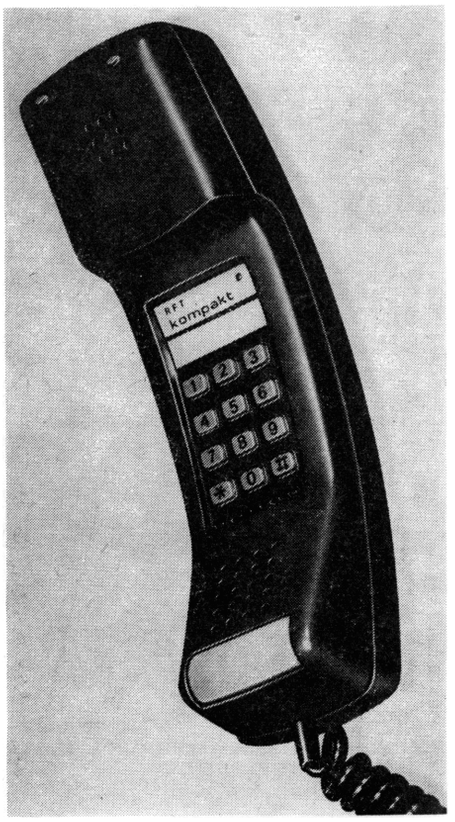


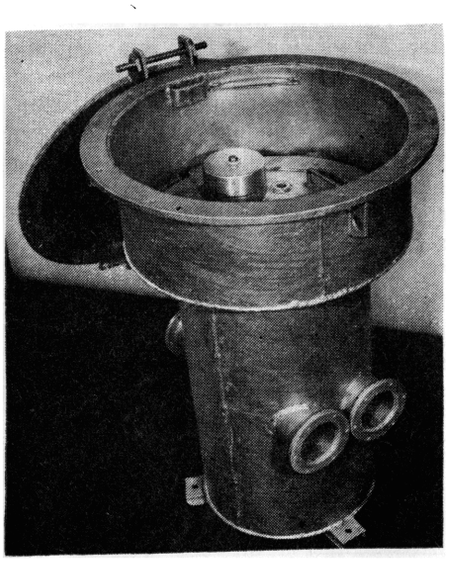
Bild 3
Fernsprechapparat „Kompakt"

die mit dem neuen System vollbeschaltet werden, sind z.B. durch 8 Systeme für Bündel mit 3840 Kanälen ausnutzbar. In den Bildern 5 und 6 sind die Behälter der unbedienten Leitungseinrichtungen für teilweise Erdvergrabung dargestellt.

Funksysteme

Einen weiteren neuen Beitrag für den Aufbau digitaler Nachrichtennetze leistet der VEB Robotron Radeberg mit der digitalen Richtfunkeinrichtung PCM 30-400/800. Im Bild 7 ist die digitale Richtfunkeinrichtung PCM 10-300/400/800 gezeigt.
Der Angebotskomplex RFT Funksysteme — weltweit zuverlässig und datensicher — gewährt anhand zweier Funkerarbeitsplätze einen Einblick in die Erzeugnispalette an HF-Funktechnik. Den Mittelpunkt der Funksendestelle bildet dabei das Kurzwellen-Sendesystem KSS 1300 der 1-kW-Klasse, den der Funkempfangsstelle der mikroprozessorgesteuerte Nachrichtenempfänger EKD 500 (Bild 8). Zur Ausstattung der Funkerarbeitsplätze gehören Sende/Empfangs- bzw. Empfangsfernschreiber sowie der Morsegeber MG 80.

Bild 5. Behälter der unbedienten Leitungseinrichtung für teilweise Erdvergrabung zur Aufnahme von maximal acht Regeneratoreinschüben. Der Behälter ist von der Oberfläche aus ohne Erdarbeiten zugänglich.



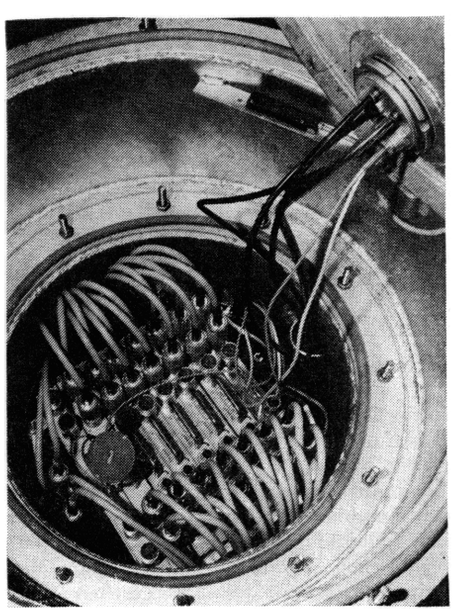
Fernbeobachteranlagen; Meß-, Prüf- und Regeltechnik; Konsumgüter

RFT-Technik optimiert Wege und Prozesse — veranschaulicht ein weiterer Ausstellungskomplex zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988. Neben dem international bewährten UKW-Zugfunksystem wird hier ein interessantes Programm an Fernbeobachtertechnik gezeigt, darunter das codierte Fernsteuersystem CFS 1000 zur Fernbedienung von Betriebsfunktionen, von Fernbeobachteranlagen (Bild 9) sowie eine neuentwickelte CCD-Matrixfernsehanlage MFA 1040 für Batterie- und Netzbetrieb, ausgerüstet mit einer hochempfindlichen Miniaturfernsehkamera. Bild 10 zeigt die Matrixfernsehanlage MFA 1020. Exponate dieses Komplexes sind zugleich Beitrag des Kombinats zum Schwerpunktthema der Leipziger Messen des Jahres 1988 „Integrierte Meß-, Prüf- und Regeltechnik — Weg zur Leistungssteigerung" sind ferner die Bilderkennungssysteme BES 1000 und BES 2000. Sie sind für den prozeßnahen Einsatz der Bilderkennung bei Industrieroboter und in Automatisierungsabläufen zur rechnergestützten Überwachung und Steuerung kontinuierlicher Produktionsprozesse bestimmt. Durch den modularen Aufbau sowohl hardware- als auch softwareseitig ist eine optimale Anpassung an den jeweiligen Einsatzfall gegeben.

Zum Messe-Angebot gehört schließlich noch ein interessantes Sortiment hochwertiger Konsumgüter, das in einem speziellen Ausstellungsbereich in der Messehalle 15

Bild 4. Fernsprechapparat „Komfort"

Bild 6. Geöffneter Behälter für unbediente Leitungseinrichtungen mit Regeneratoreinschüben bestückt



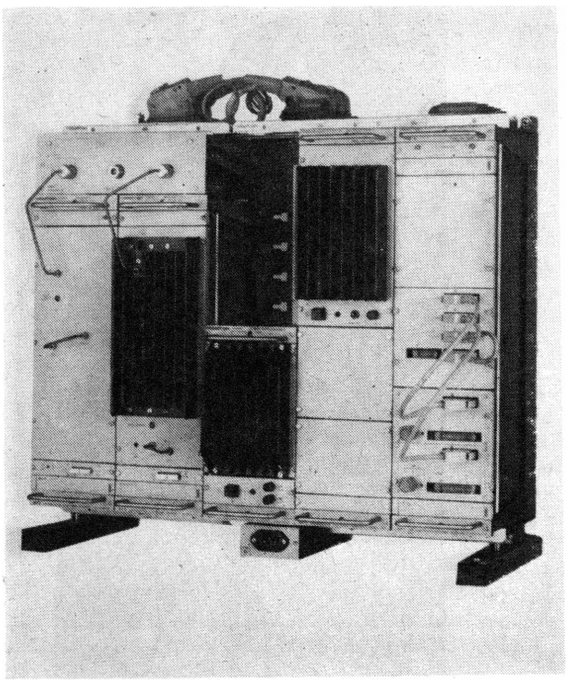


Bild 7
Digitale Richtfunkeinrichtung
PCM 10-300/400/800

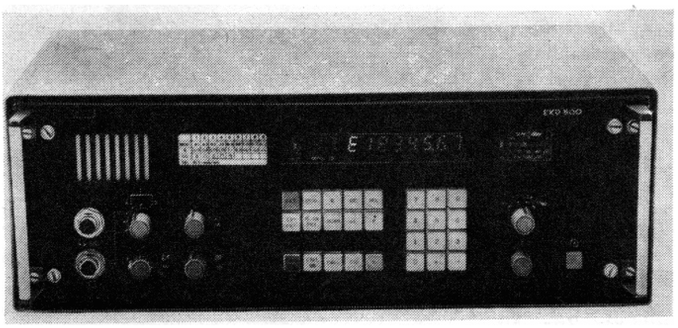


Bild 8
EKD 500

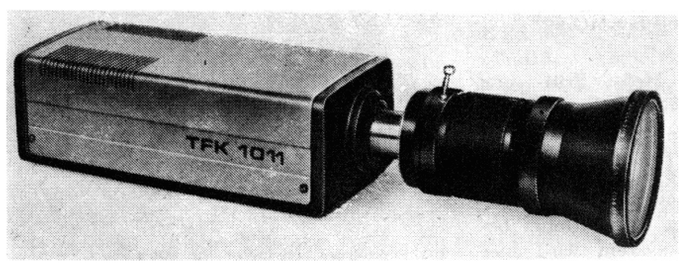


Bild 9
Fernsehkamera
TFK 1011

Bild 10
Matrixfernsehanlage
MFA 1020

sowie innerhalb der Branchenausstellung Rundfunk und Fernsehen im Handelshof gezeigt wird.
Wie in den vorangegangenen Jahren nimmt das Kombinat Nachrichtenelektronik auch im Frühjahr 1988 am wissenschaftlich-technischen Veranstaltungsprogramm der Leipziger Messe teil. Vorgesehen sind Fachvorträge über die Leitungseinrichtungen PCM 480 S des digitalen mittelkanaligen Weltverkehrssystems sowie über das Nebenstellenanlagensystem NZ 400 D und über das System universeller Kleinvermittlungsanlagen UVA.

H. Mittank, Leipzig EA 2714

Handbuch Datenerfassung

Von M. Krauß; E. Kutschbach; E.-G. Woschni. Berlin: VEB Verlag Technik 1988. 3., bearbeitete Auflage. 380 Seiten, 250 Bilder, 73 Tafeln. Leinwand 39,— Mark.
Bestell-Nr. 553 917 3

Die Anzahl der zu erfassenden und zu verarbeitenden Informationen nimmt in allen Zweigen von Wissenschaft und Volkswirtschaft schnell zu. Das hohe Entwicklungstempo der Mikroelektronik und der Gerätetechnik, insbesondere auf dem Gebiet der Datenverarbeitung, stellt neue und höhere Anforderungen an alle an Entwicklung, Produktion, am Einsatz und an der effektiven Nutzung beteiligten Mitarbeiter. Dabei kommt der Datenerfassung als Anfangsglied der Datenverarbeitung eine entscheidende Bedeutung zu.

Das Handbuch behandelt alle wesentlichen Aspekte der Datenerfassung einschließlich der damit zusammenhängenden Verarbeitungsaufgaben. Im Mittelpunkt der Ausführungen stehen Organisation, Technik und Anwendung.

Besonderer Wert wurde auf die Einbeziehung der Mikroelektronik und vor allem der Mikrorechentechnik in der Einheit von Hardware und Software gelegt, da diese entscheidend für die weitere Entwicklung der Datenerfassung sind und alle neuen Lösungen einen oder mehrere Mikrorechner enthalten.

Mit dem Handbuch wird ein in der Literatur bisher kaum zusammenfassend dargestelltes Gebiet unter einheitlichen Gesichtspunkten behandelt, wobei von den Grundlagen ausgehend der heutige Stand aufgezeigt und Entwicklungstendenzen beschrieben werden.

Das Handbuch wendet sich an die mit der Entwicklung von Verfahren und Geräten der Datenerfassung betrauten Techniker und Ingenieure und besonders an die ständig wachsende Anzahl von Fachleuten, die derartige Erzeugnisse und Verfahren in den verschiedensten Zweigen der Volkswirtschaft einsetzen.

Die umfassende Darstellung und die praxisverbundene Beschreibung der wesentlichen Probleme der Datenerfassung machen dieses Buch zu einem wertvollen Arbeitsmittel.

Die Redaktion

Документация

Мюллер, В.; Диттрих, А.

Моделирование замкнутых контуров регулирования приводной техники с помощью цифровой системы моделирования DS-88

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 2, стр. 45—49, 9 рис., 4 уравн., 5 лит.

Представляется цифровая блочно-ориентированная система моделирования DS-88. Данная программа предназначена для применения на персональных и бюрокомпьютерах и позволяет обработку задач управления и регулирования меньшего и среднего объема с изображением непрерывных и дискретных звеньев передачи. Применение системы моделирования более подробно разъясняется на разных примерах задач по управлению и регулированию электрической приводной техники.

Манерт, Х.

Компоненты цифровой защиты установок в системе управления упрощенными трансформаторными подстанциями среднего напряжения 110 кв

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 2, стр. 50—52, 4 рис., 2 табл.

В настоящее время происходит переход к серийному применению АСУ на трансформаторных подстанциях типа VUW 110 kV-MS. Характерным для достигнутого уровня цифровых решений является включение смежных задач как, например, комплексного дистанционного контроля и телеуправления, а также защиты установок. В статье представляются имеющиеся в распоряжении в настоящее время компоненты цифровой защиты установок.

Шнайдер, Х.; Даммкёлер, П.; Хаккенберг, Х.

Контактные рельсы из проводникового сплава AlFeMg — альтернатива для меди

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 2, стр. 53—55, 2 табл., 20 лит.

После изложения состояния нормированных материалов, свойств и форматов контактных рельсов, в целях замещения меди и уменьшения массы в сильноточных установках представляется новый, более стойкий алюминиевый сплав металлургии ГДР, предназначенный для расширения ассортимента контактных рельсов. Сообщаются в широком плане данные по материалу, рекомендации по применению и результаты внедрения проводникового сплава AlFeMg.

Еккардт, Г.

Защитное реле температуры, несимметрии и последовательности фаз

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 2, стр. 56—57, 3 рис., 1 лит.

Представляется программируемое при помощи зажимов защитное реле для контроля перегрева, несимметрии сети, выпадения фазы и последовательности фаз для применения в электрических машинах. Объем защиты существенно повышен по сравнению с известной защитой от перегрева обмотки с помощью чувствительных элементов.

Вельшингер, М.; Плит, Х.

Измерительная аппаратура для определения аварийного тока защитных трансформаторов при нагрузке током короткого замыкания

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 2, стр. 58—60, 6 рис., 11 уравн., 2 лит.

Современная техника защиты в сетях высоковольтной передачи энергии, между прочим, нуждается в точном измерении тока вплоть до диапазона переходных токов короткого замыкания. Разработанные для решения данной задачи специальные трансформаторы тока классов TPX и TPY, в диапазоне переходных токов короткого замыкания при полном асимметрии тока и быстро следующих друг за другом коммутационных циклах силовых выключателей (AWE) должны обеспечивать на своей вторичной стороне точное отображение характеристики первичного тока. Представляется способ измерения для определения аварийного тока во время нагрузки переходными токами короткого замыкания защитных трансформаторов; полученные результаты измерений даны в виде осциллограмм.

Лемке, Э.; Фризе, Г.

Зонд измерения частичных разрядов M 4202 — построение, принцип действия, возможности применения

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 2, стр. 61—62, 2 рис., 9 лит.

С точки зрения повышения надежности электроустановок все большее значение приобретает диагностика частичных разрядов в полевых условиях.
С помощью зонда измерения частичных разрядов M 4202 обеспечивается возможность обнаружения частичных разрядов на высоковольтном оборудовании при рабочем напряжении в рамках проведения рутинных измерений. Помимо измерения уровня частичных разрядов, зонд может применяться и в классической технике локализации повреждения кабеля. Принцип измерения основывается на учете электромагнитного поля в близком диапазоне источников частичных разрядов при помощи широкополосной антенны, связанной с каскадом обработки и индикации.

Documentation

Müller, V.; Dittrich, A.

Simulation of Control Circuits of the Drive Techniques by Means of the Digital Simulation System DS-88

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, pp. 45—49, 9 Figs., 4 Equations, 5 Refs.

The digital block-oriented simulation system DS-88 is represented. This programme is provided for using with personal computers and makes possible working controlling and regulating tasks of little and middle regions with illustrating continuous and discontinuous elements. Using the simulation system is further illustrated by means of different control and regulating tasks of the electric drive techniques.

Mahnert, H.

Components of the Digital Plant Protection in the Guiding System for Simplified Transformer Stations of 110 kV Medium Voltage

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, pp. 50—52, 4 Figs., 2 Tables

At present the tranfer to the series-used CAM takes place in transformer stations of the type of VUW 110 kV-MS. Considering complicated tasks, e. g. the complete remote control and remote operation and protection of the plants, is characterizing the power state of digital solutions. In this paper the components of the digital system protection is represented, existing at present.

Schneider,H .; Dammköhler, P.; Hackenberg, H.

Conductor Rails of AlFeMg Conducting Alloy — an Alternative to Copper

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, pp. 53—55, 2 Tables, 20 Refs.

After illustrating the state of the standardized conductor rail materials, properties and sizes a new higher-strong Al-conducting alloy of the metallurgy of the GDR is represented, adapted to expanding the assortment of conductor rails, to substitute copper and to reduce mass in power plants. Comprehensive material data, use recommendations and application results of this AlFeMg conducting alloy are given.

Eckardt, G.

Temperature, Asymmetry and Phase Sequence Protecting Relay

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, pp. 56—57, 3 Figs., 1 Ref.

A terminal programmable protecting relay for controlling overtemperatures, network asymmetries, phase failures, and phase sequences for electric machines is represented. The protecting area has been expanded essentially, contrary to the known winding sensor protection.

Welschinger, M.; Pliet, H.

Measuring Equipment to Determining the Fault Current of Protecting Current Inverters during Short-Circuit Current Load

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, pp. 58—60, 6 Figs., 11 Equations, 2 Refs.

The modern protecting techniques in high-voltage transmission networks needs among others the exact current measurement until to the region of transient short-circuit currents. The specific current inverters of the TPX and TPY classes, developed to this task, have to guarantee a precise picture of the behaviour of the primary current at the secondary side within the region of transient short-circuit currents during full current asymmetry and switching cycles of power switchers (AWE), effected immediately in turns. A measuring method of determining the fault current of protecting current inverters with transient short-circuit currents is represented; the reached measuring results are given in oscillogram forms.

Lemke, E.; Friese, G.

Partial Discharge Probe M 4202 — Structure, Operation Mode and Application Possibilities

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, pp. 61—62, 2 Figs., 9 Refs.

With regard to increasing the reliability of electrotechnical plants the partial discharge (TE) diagnosis with actual conditions reaches progressively importance. By means of the TE-probe M 4202 the possibility of TE-detection at high-voltage equipments during operating voltage is offered within the bounds of routine measurements. In addition to measuring the TE-level the TE-probe also may be used in the classic cable fault-location techniques. The measuring principle bases upon detecting the electromagnetic field with the close-up area of TE-sources by means of a wideband aerial, coupled with a processing and indicating stage.

Dokumentation

Müller, V.; Dittrich, A.

Simulation von Regelkreisen der Antriebstechnik mit dem digitalen Simulationssystem DS-88

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 45 – 49, 9 Bilder, 4 Gln., 5 Lit.

Es wird das digitale blockorientierte Simulationssystem DS-88 vorgestellt. Dieses Programm ist zur Anwendung an Personal- und Bürocomputern vorgesehen und ermöglicht die Bearbeitung von Steuerungs- und Regelungsaufgaben kleineren und mittleren Umfangs mit der Darstellung kontinuierlicher und diskontinuierlicher Übertragungsglieder. Die Anwendung des Simulationssystems wird an verschiedenen Steuerungs- und Regelungsaufgaben der elektrischen Antriebstechnik näher erläutert.

Mahnert, H.

Komponenten des digitalen Anlagenschutzes im Leitsystem für vereinfachte Umspannwerke 110-kV-Mittelspannung

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 50 – 53, 4 Bilder, 2 Tafeln

Gegenwärtig vollzieht sich der Übergang zum serienmäßigen Einsatz von CAM in Umspannwerken des Typs VUW 110 kV-MS. Kennzeichnend für den Leistungsstand digitaler Lösungen ist die Einbeziehung komplizierter Aufgaben, wie der vollständigen Fernüberwachung und Fernbedienung und des Schutzes der Anlagen. In der vorliegenden Arbeit werden die derzeit verfügbaren Komponenten des digitalen Anlagenschutzes vorgestellt.

Schneider, H.; Dammköhler, P.; Hackenberg, H.

Stromschienen aus AlFeMg-Leitlegierung – eine Alternative für Kupfer

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 53 – 55, 2 Tafeln, 20 Lit.

Nach Darlegung des Standes der genormten Stromschienen-Werkstoffe, -Eigenschaften und -Formate wird zur Kupfersubstitution und Massereduzierung in Starkstromanlagen eine neue höherfeste Al-Leitlegierung der DDR-Metallurgie für die Stromschienen-Sortimentserweiterung vorgestellt. Umfassende Werkstoffdaten, Einsatzempfehlungen und Applikationsergebnisse werden für diese AlFeMg-Leitlegierung mitgeteilt.

Eckardt, G.

Temperatur-, Asymmetrie- und Phasenfolge-Schutzrelais

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 56 – 57, 3 Bilder, 1 Lit.

Es wird ein klemmenprogrammierbares Schutzrelais zur Überwachung von Übertemperaturen, Netzasymmetrie, Phasenausfall und Phasenfolge für elektrische Maschinen vorgestellt. Der Schutzumfang ist im Gegensatz zum bekannten Wicklungsfühlerschutz wesentlich erweitert worden.

Welschinger, M.; Pliet, H.

Meßeinrichtung zur Fehlerstrombestimmung von Schutzstromwandlern bei Kurzschlußstrombeanspruchung

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 58 – 61, 6 Bilder, 11 Gln., 2 Lit.

Die moderne Schutztechnik in Hochspannungsübertragungsnetzen benötigt u.a. die exakte Strommessung bis in den Bereich transienter Kurzschlußströme. Die für die Aufgabe entwickelten speziellen Stromwandler der Klassen TPX und TPY müssen auf ihrer Sekundärseite im Bereich transienter Kurzschlußströme bei voller Stromasymmetrie und kurz aufeinanderfolgenden Schaltzyklen von Leistungsschaltern (AWE) ein genaues Abbild des Primärstromverlaufs garantieren. Es wird ein Meßverfahren zur Bestimmung des Fehlerstroms während der Beanspruchung von Schutzstromwandlern mit transienten Kurzschlußströmen vorgestellt; die erreichten Meßergebnisse werden in Form von Oszillogrammen angegeben.

Lemke, E.; Friese, G.

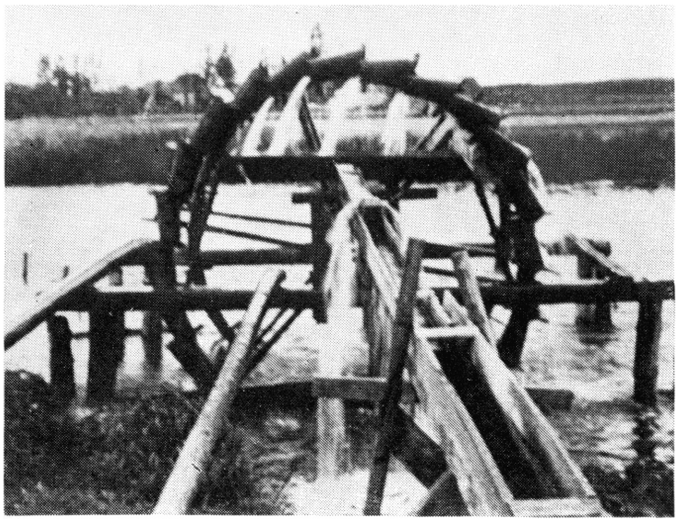
Teilentladungssonde M 4202 – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 61 – 62, 2 Bilder, 9 Lit.

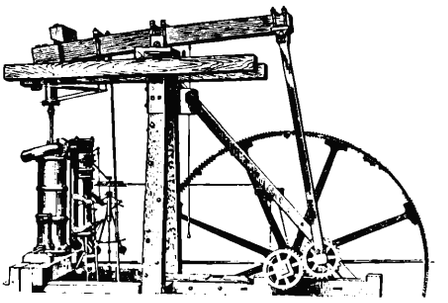
Im Hinblick auf eine Erhöhung der Zuverlässigkeit von elektrotechnischen Anlagen gewinnt die Teilentladungs-(TE-)Diagnostik unter Vor-Ort-Bedingungen zunehmend an Bedeutung.
Mit der TE-Sonde M 4202 biete sich die Möglichkeit der TE-Detektion an Hochspannungsausrüstungen bei Betriebsspannung im Rahmen von Routinemessungen. Neben der Messung des TE-Pegels kann die TE-Sonde auch in der klassischen Kabelfehlerortungstechnik eingesetzt werden. Das Meßprinzip basiert auf der Erfassung des elektromagnetischen Feldes im Nahbereich von TE-Quellen mit einer Breitbandantenne, die mit einer Verarbeitungs- und Indikationsstufe gekoppelt ist.

ELEKTRIE

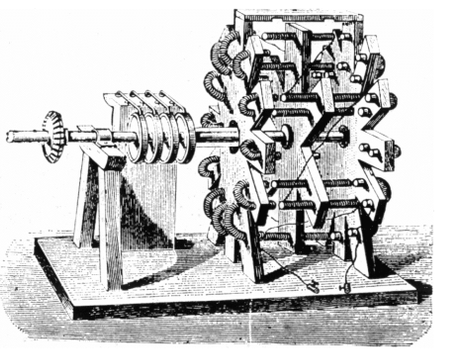
Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	VEB Verlag Technik Oranienburger Str. 13/14, Berlin, DDR, 1020 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 2870 0; Telex: 011 2228 techn. dd
Verlagsdirektor	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2 87 03 45) Ing. *Günther Barth*, Redakteur (Telefon: 2 87 03 43)
Lizenz-Nr.	1100 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
Gesamtherstellung	III/18/328 Messedruck Leipzig, Bereich Borsdorf Borsdorf, 7122
Gestalter	*Eckhardt Natorp* (Telefon: 2 87 02 87)
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigenannahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, Berlin, 1020, PSF 201 Anzeigenpreisliste Nr. 7 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR, 1157
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	2,50 M, Abonnementpreis vierteljährlich 7,50 M. Auslandpreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Bezugsmöglichkeiten DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSSR	PNS – Ústřédni Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezská 11, 12000 Praha 2 PNS Ústredna Expedicia a Dovoz Tlače Praha, Posta 022, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzéće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicationes, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
VR Polen	C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
SR Rumänien	D. E. P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Ungarische VR	P. K. H. I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P. O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Hà Nôi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141 – 167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Fachbuchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Leipzig, DDR, 7010, Postfach 160; und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR, 7010



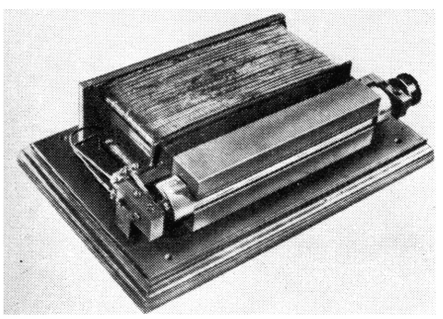
1



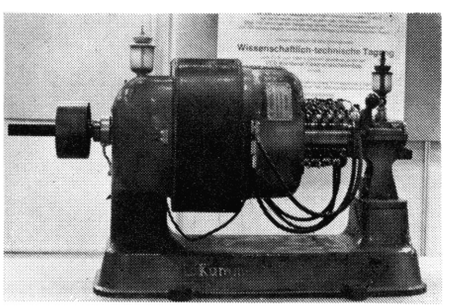
2



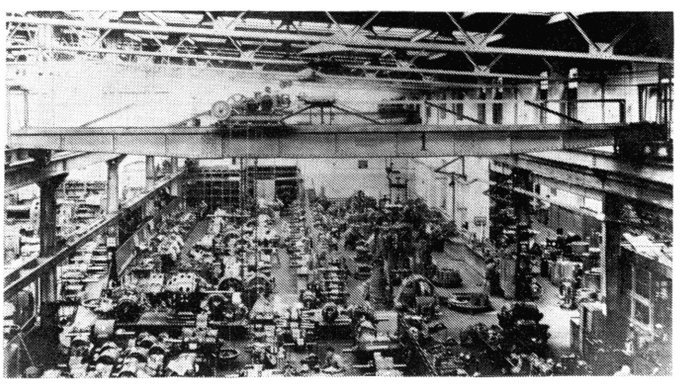
3



4

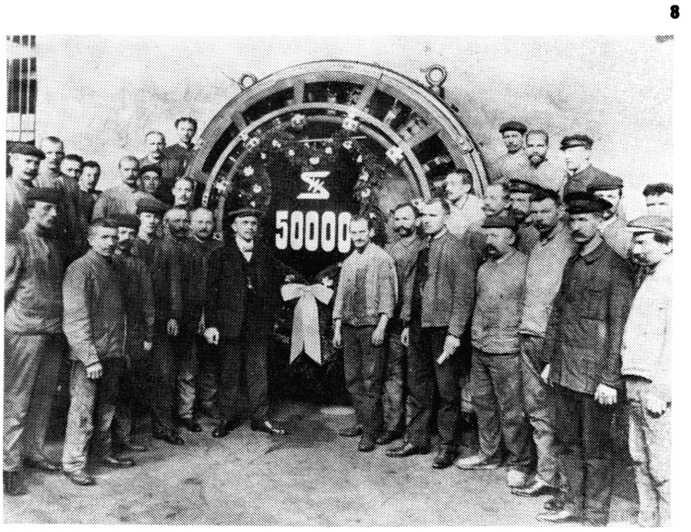


5



6

7



8

Bild 1. Etwa ein Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung erfindet der Mensch das Wasserrad als erste „Kraftmaschine"

Bild 2. Die Wattsche Dampfmaschine revolutionierte ein ganzes Zeitalter, war aber nur knappe neun Jahrzehnte wirklich aktuell

Bild 3. Jacobis Motor 1838

Bild 4. Mit dieser Maschine demonstrierte W. V. Siemens 1866 das dynamoelektrische Prinzip

Bild 5. Gleichstromnebenschlußgenerator mit Grammeschem Ringanker, gebaut 1891 in Dresden

Bild 6. Großmaschinenhalle, Dresden 1922

Bild 7. Elektromotorenfertigung am Fließband im damaligen Dresdener Sachsenwerk

Bild 8. Die 50000 Maschine aus dem damaligen Sachsenwerk

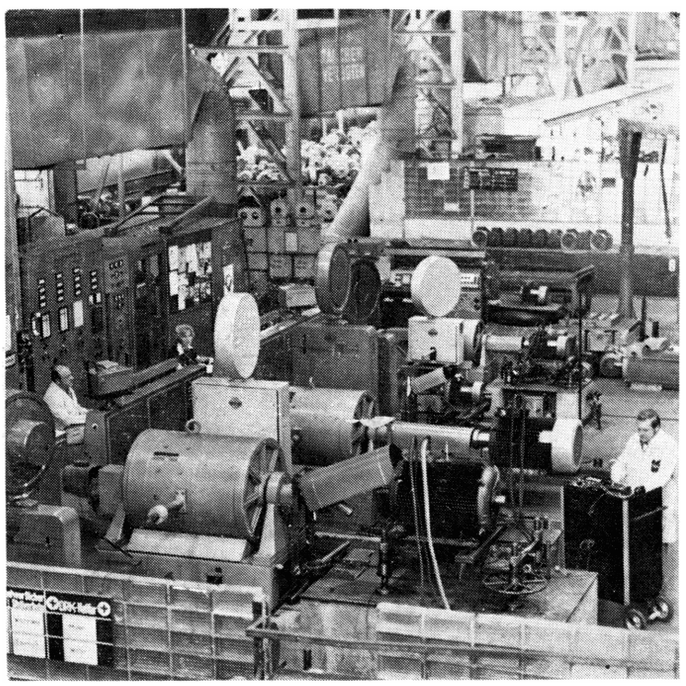
Zum Beitrag von H. Müller

VEM-Antriebstechnik zur LFM 1988 aus einem Industriezweig mit großer Tradition

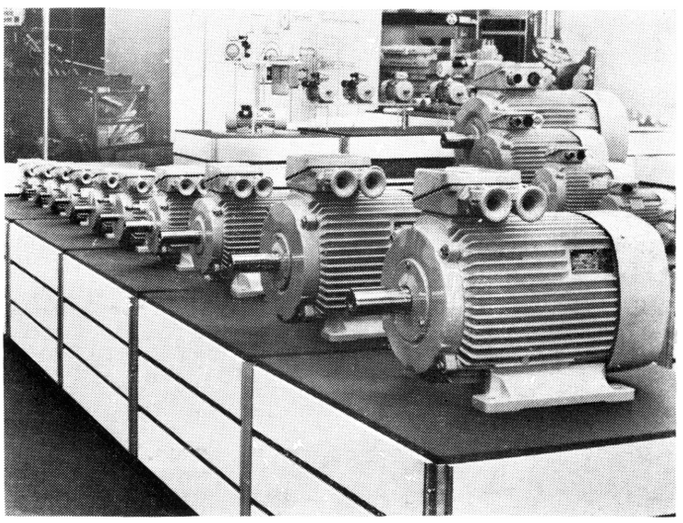
(s. Seite 43)

ISSN 0013–5399
ELEKTRIE · Berlin 42 (1988) 2 · S. 41–80

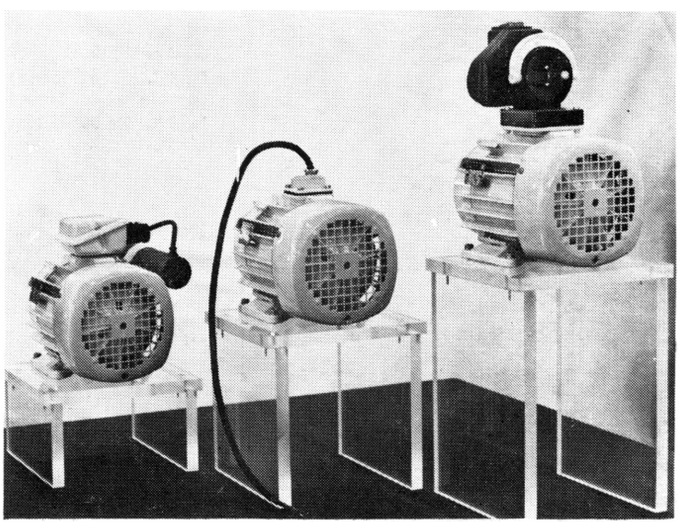
6130 2 172 027 465
KOMB KERAM WERKE DE 1
8612 7701 W136



9



10



11

Zum Beitrag von H. Müller

VEM-Antriebstechnik zur LFM 1988 aus einem Industriezweig mit großer Tradition

(s. Seite 43)

12

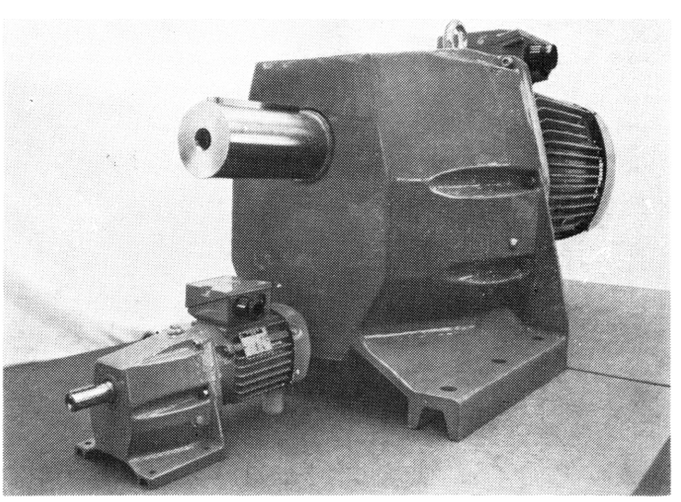


Bild 9. Prüffeld für große VEM-Standardmotoren im VEB Elektromotorenwerk Wernigerode

Bild 10. Der DDR-Elektromaschinenbau bot als erster Produzent der Welt komplette Reihen ex-geschützter Elektromotoren (Schutzgrad „Erhöhte Sicher heit") an.

Bild 11. Modifikationen von VEM-Einphasenmotoren, eine der zahlreichen Exportlinien des VEB Kombinat Elektromaschinenbau

Bild 12. Eine Spitzenleistung: VEM-Getriebemotoren, für die der VEB Kombinat Elektromaschinenbau der größte europäische Produzent ist